

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Konstrukce pozemních staveb



Diplomová práce
Rekonstrukce bytového domu
Reconstruction of residential building
2018

Studijní obor: Budovy a prostředí

Student: Bc. Ondřej Hradecký

Vedoucí práce: prof. Ing. Petr Hájek, CSc., FEng.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Hradecký Jméno: Ondřej Osobní číslo: 409658
Zadávací katedra: K124 - Katedra konstrukcí pozemních staveb
Studijní program: Budovy a prostředí
Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Rekonstrukce bytového domu
Název diplomové práce anglicky: Reconstruction of residential building

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte návrh rekonstrukce a modernizace bytového domu v Lázních Bělohrad s ohledem na minimalizaci energetické náročnosti provozu budovy. V rámci řešení využijte půdního prostoru.

Seznam doporučené literatury:

ČSN 73 0540

studijní podklady ze studia na FSv ČVUT v Praze

Jméno vedoucího diplomové práce: prof. Ing. Petr Hájek, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 19.2.2018 Termín odevzdání diplomové práce: 20.5.2018
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

19.2.2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: ONDŘEJ HRADECKÝ

Název diplomové práce: REKONSTRUKCE BYTOVÉHO DOMU

Základní část: KPS podíl: 75 %

Formulace úkolů: UTRACOVATE PD NA ÚROVNI ROZŠÍŘENÍ
DOCUMENTACE PRO STAVEBNÍ PŘÍJEM + KOMPLEXNÍ PŘE
1:20 + SOUBOR DETAILŮ + NÁVRH ALTERNATIV
ŘEŠENÍ

Podpis vedoucího DP: Datum: 26.3.2018

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: ODK podíl: 15 %

Konzultant (jméno, katedra): MICHAL JANDERA, K134

Formulace úkolů: Posouzení stávajícího stropu (DK)
a návrh stropu pro obytné podkrovní. Schéma
přídavku obou stropů.

Podpis konzultanta: Datum: 26.3.2018

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část: IZB podíl: 10 %

Konzultant (jméno, katedra): KG. MOSA

Formulace úkolů: UPRAVUJÍCÍ PRÁCE NA UVEDENÉ
ÚSTŘ. ZNĚNÍ POKOJŮ A KUCH. ...

Podpis konzultanta: Datum: 12.4.18

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci.
(Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu §60 zákona č. 121/2000 sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V.....dne

.....

podpis

Poděkování

V tomto odstavci bych velice rád poděkoval všem, kteří mi byli ochotni poskytnout podklady a materiály pro zpracování této diplomové práce. Za odborné vedení, rady a konzultování této práce děkuji prof. Ing. Petru Hájkovi, CSc., FEng.

Anotace

Tématem diplomové práce je rekonstrukce a modernizace bytového domu z hlediska snížení energetické náročnosti budovy. Dům se nachází v Horní Nové Vsi. Cílem je nalézt optimální řešení environmentálního, dispozičního, stavebně-technického a architektonického pojetí, přičemž bude postupováno ve variantách, které budou následně porovnávány. Varianta 1 je ekonomičtější, je navrženo zateplení konstrukcí, výměna oken, úprava dispozic některých bytů, rekonstrukce větracího a vytápěcího systému a zabudování výtahu. Ve druhé variantě rekonstrukce dojde k vybudování obytného podkroví doplněného o čtyři vikýře, komplexnějšímu zateplení obálky budovy s eliminací tepelných mostů, rekonstrukci větracího a vytápěcího systému, výměně oken, aplikaci fotovoltaických panelů a prosvětlení schodišťového prostoru pomocí prosklené fasády. U stávajícího stavu a dalších dvou variant je provedena tepelně technická analýza domu a v závěru jsou jednotlivé výsledky porovnány a zhodnoceny. Environmentální hodnocení je vypracováno pro stávající stav a variantu 2, výsledky jsou poté porovnány s typickým vzorkem budov. Pro podrobnější popis a rozkreslení do výkresů je vybrána varianta 2, která je dále zpracována na úroveň projektové dokumentace.

Klíčová slova

bytový dům, modernizace, varianty rekonstrukce, tepelně technická analýza

Annotation

The theme of the diploma thesis is the reconstruction and modernization of the residential building in terms of reducing the energy intensity of the building. The house is located in Horni Nova Ves. The aim is to find an optimal solution of the environmental, dispositional, construction-technical and architectural concept, and will be followed in variants which will be subsequently compared. Variant 1 is more economical, it is designed to insulate structures, change windows, modify the layouts of some apartments, reconstruct the ventilation and heating system and build the elevator. In the second variant of the reconstruction there will be built a residential attic, supplemented by four dormers, a more complex insulation of the building envelope with the elimination of thermal bridges, reconstruction of the ventilation and heating system, replacement of the windows, application of photovoltaic panels and illumination of the staircase by glass facade. In the current state and the other two variants, the thermal-technical analysis of the house is performed and in the end the individual results are compared and evaluated. The environmental assessment is developed for the current status and variant 2, the results are then compared with a typical building sample. For a more detailed description and drawing in the drawings, variant 2 is selected, which is further elaborated to the level of project documentation.

Keywords

residential building, modernization, variants of reconstruction, thermo-technical analysis

OBSAH:

1	Úvod.....	10
2	Řešený bytový dům.....	11
3	Rekonstrukce za účelem úspory energie.....	13
3.1	Popis nízkoenergetického domu.....	14
3.2	Varianty vytápění.....	15
3.3	Varianty větrání.....	16
3.4	Obnovitelné zdroje energie.....	19
4	Možnosti regenerace bytových domů.....	23
4.1	Příklady rekonstrukcí z České republiky.....	25
4.2	Příklady rekonstrukcí ze zahraničí.....	27
5	Popis stávajícího stavu bytového domu.....	30
5.1	Historie Objektu.....	30
5.2	Konstrukční a technické řešení domu.....	30
5.3	Průzkum a zhodnocení stávajícího stavu.....	32
5.4	Tepelně technické posouzení stávajícího stavu.....	36
5.4.1	Hodnocení konstrukce z hlediska součinitele prostupu tepla U	37
5.4.2	Hodnocení z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}	39
5.4.3	Výpočet potřeby tepla na vytápění – stávající stav.....	42
5.4.4	Neobnovitelná primární energie – stávající stav.....	44
6	Rekonstrukce objektu – varianta 1.....	45
6.1	Změny v rekonstrukci.....	45
6.2	Tepelně technické posouzení varianty 1.....	47
6.2.1	Hodnocení konstrukce z hlediska součinitele prostupu tepla U	47
6.2.2	Hodnocení z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}	49
6.2.3	Výpočet potřeby tepla na vytápění – varianta 1.....	51
6.2.4	Neobnovitelná primární energie – varianta 1.....	52
7	Rekonstrukce objektu – varianta 2.....	53
7.1	Změny v rekonstrukci.....	53
7.2	Tepelně technické posouzení varianty 2.....	56
7.2.1	Hodnocení konstrukce z hlediska součinitele prostupu tepla U	56
7.2.2	Hodnocení z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}	58
7.2.3	Výpočet potřeby tepla na vytápění – varianta 2.....	60
7.2.4	Neobnovitelná primární energie – varianta 2.....	61
8	Tepelně technické vyhodnocení objektu.....	62
8.1	Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí U (W/m^2K).....	63

8.2	Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} (W/m ² K).....	64
8.3	Přívod čerstvého vzduchu.....	65
8.4	Účinnost zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu.....	65
8.5	Potřeba tepla na vytápění E_A (kWh/m ² a).....	65
8.6	Neobnovitelná primární energie PE_A (kWh/m ² a).....	66
8.7	Shrnutí předešlého vyhodnocení.....	67
8.8	Průkaz energetické náročnosti budovy.....	67
9	Environmentální hodnocení budovy.....	68
10	Závěr.....	74
11	Použité normy, zdroje a software.....	75
12	Přílohy.....	80

1. ÚVOD

Tématem diplomové práce je rekonstrukce a modernizace bytového domu, který prošel v roce 1982 částečnou rekonstrukcí. Cílem je nalézt optimální řešení z hlediska environmentálního, dispozičního, stavebně-technického a architektonického pojetí, přičemž bude postupováno ve variantách. Výsledkem by měla být varianta s velmi nízkou energetickou náročností.

V jednotlivých variantách bude řešeno zateplení konstrukcí, výměna oken, zabudování osobního výtahu, obydlení podkroví a jeho zvětšení pomocí vikýřů, návrh zabudování elektrické elektrárny (fotovoltaických panelů) a zajištění kvalitního vnitřního prostředí pomocí vzduchotechniky a modernizace vytápění. Na vybranou variantu bude vytvořena projektová dokumentace.

V budoucnu je možné, že tato práce poslouží jako předloha nebo podklad pro předpokládanou rekonstrukci tohoto objektu.

2. ŘEŠENÝ BYTOVÝ DŮM

Stavba řešeného objektu, s číslem popisným 152, byla dokončena pravděpodobně v roce 1907. Nachází se v části města Lázně Bělohrad zvané Horní Nová Ves (Královehradecký kraj). Objekt se nachází v těsné blízkosti hlavní silnice vedoucí skrz město. Tento bytový dům původně sloužil pro ubytování dělníků nedaleké továrny ležící na druhé straně silnice.

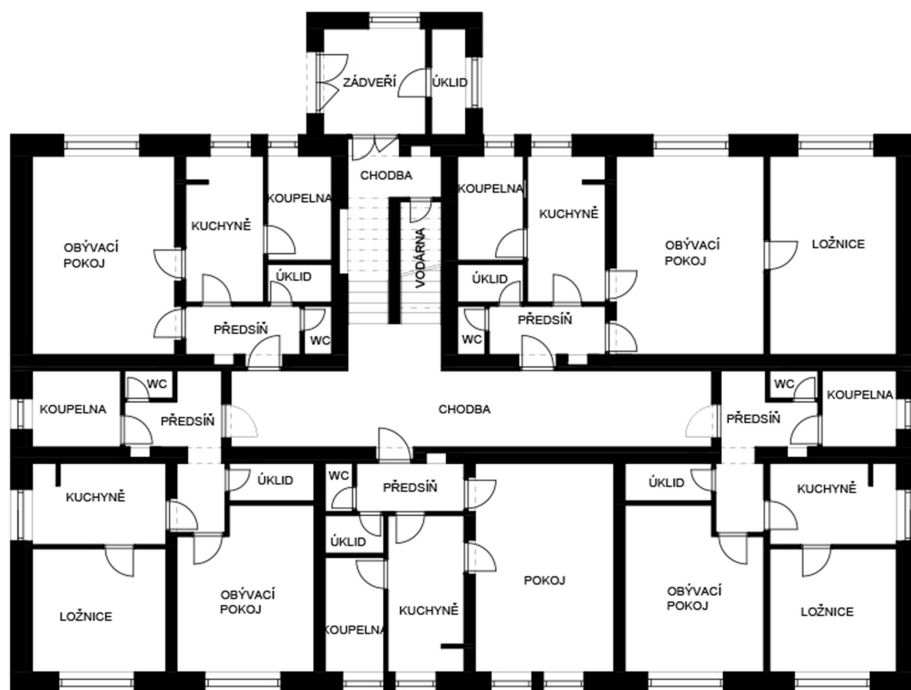
Celkový počet bytových jednotek je deset. Podkroví toho domu bylo uvažováno jako neobyvatelné, kvůli neúnosnému stropu. Obě podlaží s podkrovím spojuje schodiště, které je částečně prosvětleno pomocí luxfer v obvodové stěně. Do objektu se vstupuje skrz zádveří, které vystupuje ze samotného objemu budovy. K domu patří prostory kůlen umístěné ve dvoře. Bytový dům je řešen jako bariérový.

V roce 1982 proběhla částečná rekonstrukce, kdy byla opravena střecha, provedené tepelné opláštění obvodového zdiva pomocí křemelinových cihel, upravena dispozice jednotlivých bytů a proběhla výměna oken. V loňském roce bylo nutné podřezat zdivo z důvodu zvýšené vlhkosti.

Všechny místnosti, včetně komunikací, jsou vytápěny pomocí elektrických akumulčních kamen. Ohřev vody je zajištěn lokálními elektrickými bojler, umístěnými v koupelnách jednotlivých bytů.

V domě žije celoročně deset rodin, všech věkových kategorií. Objekt je celkově v zachovalém stavu, ovšem nevyhovuje dnešním energetickým standardům a požadovanému proslunění bytu. V neposlední řadě může být nevýhodou i nevyužitý podkroví.

Na obrázku 1 je zobrazena dispozice přízemí stávajícího stavu a aktuální stav objektu na pohledech (obrázek 2).



Obr.1 Půdorys přízemí- stávající stav

Pohled jižní



Pohled severní



Pohled západní



Pohled východní



Obr.2 Pohledy

3. REKONSTRUKCE ZA ÚČELEM SNÍŽENÍ SPOTŘEBY ENERGIE

Většina oprav bytových domů, je v současnosti spojována s rekonstrukcí obalových konstrukcí a hlavně jejich zaizolováním. Investory k tomu vedou současné předpisy a stále rostoucí ceny energií. Takovými rekonstrukcemi se zvýší samotná hodnota domu a objekt se stane atraktivnějším pro další nájemníky.

Teplο z domu uniká několika způsoby, větráním, prostupem a netěsnostmi v konstrukcích. Obzvláště u starých oken probíhá výměna vzduchu neustále, podobně jako je tomu u tepelných mostů a špatně řešených detailů. Zabránit úplnému průniku tepla konstrukcemi je nemožné a zcela proti fyzikálním zákonům, lze ho jen snížit.

Pro většinu budov je vhodné venkovní zateplení z hlediska dispozičního a vlhkostního. Navíc je venkovní zateplení účinným způsobem, jak prodloužit životnost konstrukce a samotného domu. Zateplení chrání v zimě před chladem a v létě před slunečním zářením a snižuje tedy namáhání pláště budovy změnami teplot. [1]

Většina bytových a panelových domů postavených před rokem 2000 má potřebu tepla na vytápění 80 - 200 kWh/m² za rok. Dnešní klasickou metodou rekonstrukce, výměna oken a zateplení fasády, lze snížit potřebu tepla na vytápění až na 30 – 70 kWh/m² za rok. Komplexní rekonstrukcí lze v ojedinělých případech dosáhnout hodnot 20 – 50 kWh/m² za rok, tzn. hodnot nízkoenergetického domu.

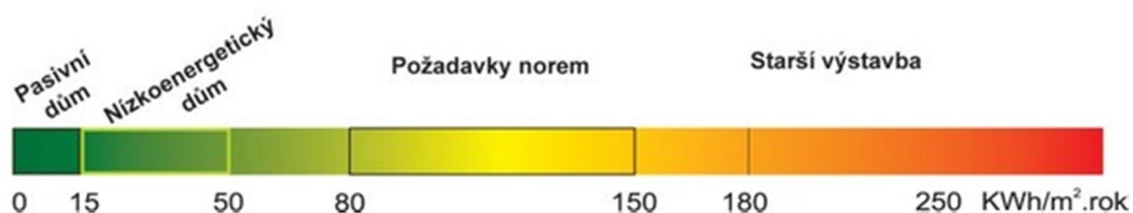
3.1 POPIS NÍZKOENERGETICKÉHO DOMU

Koncept nízkoenergetického domu vznikl jako odpověď na rostoucí ceny energií. Přestože se předpisy na energetickou náročnost budov a izolační vlastnosti konstrukcí stále zpřísňují, má nízkoenergetický dům ve srovnání s běžnou novostavbou zhruba jen poloviční až třetinovou spotřebu tepla na vytápění.

Dalším stupněm v energetické náročnosti je tzv. pasivní dům, kde je spotřeba tepla ještě nižší. Tyto domy vyžadují již od začátku náročnější a přísnější postupy při projektování a následné výstavbě. Dalo by se říci, že nízkoenergetický dům je v současnosti kompromisem mezi pasivním domem a domem vystavěným běžným způsobem. [2]

Nízkoenergetický dům má několik základních znaků:

- kompaktní tvar bez zbytečných výčnělků
- prosklené plochy orientovány na jih
- více tepelné izolace
- regulace vytápění využívající tepelné zisky
- vzduchotechnika s rekuperací tepla
- maximální potřeba tepla na vytápění je do 50 kWh/m².rok



Obr.3 Škála energetické náročnosti domů, převzato z [2]

3.2 VARIANTY VYTÁPĚNÍ

Primární zdroje energie jsou rozděleny na obnovitelné, tedy získané například ze slunečního záření, větru, vodní energie či biomasy a na neobnovitelné, které jsou získávány z neobnovitelných zdrojů jako například z fosilních paliv (uhlí, ropa, zemní plyn, jaderná energie). [3]

Pro vytápění domů, nejen bytových, lze vybrat z klasických zdrojů tepla, jako je plyn, elektřina, tuhá paliva nebo tepelná čerpadla či kotle na biomasu.

Zemní plyn - Kotle na zemní plyn jsou oblíbenou volbou pro vytápění. Většinou se používají kotle kondenzační, které mají vysokou účinnost a snadnou regulaci. Zemní plyn, jako palivo, má malou míru znečištění ovzduší a přípojka je relativně dostupná.

Tuhá paliva (dřevo, uhlí) - Tento druh paliva byl dříve nejrozšířenější možností, čím vytápět objekty. Ovšem v dnešní době se kotle na uhlí vrací, díky automatickým zásobníkům, které aspoň trochu ulehčují pracnou obsluhu. Ale neřeší problém s uskladněním paliva, malou účinností a vysokým znečištěním ovzduší oxidem siřičitým, který vzniká při spalování. Je možné, že tento druh vytápění zmizí úplně, kvůli zpřísnujícím se pravidlům používání kotlů na tuhá paliva.

Elektřina - Velkou výhodou elektřiny je dostupnost, v dnešní době téměř všude. Mezi další klady patří pořizovací cena elektrokotle, která není nikterak vysoká. Na druhou stranu, provozní náklady jsou vyšší než například u plynového kotle. To se dá vyřešit tzv. dvoutarifovou sazbou (noční proud), kdy je topení zapínáno pouze v době levnějšího tarifu. Snižuje se tím ovšem pohodlnost a komfort topení.

Tepelné čerpadlo – Z hlediska pořizovací ceny a provozních nákladů je tepelné čerpadlo opakem elektrického kotle, to znamená nízké náklady na vytápění a poměrně vysoká pořizovací cena, ale rychlá návratnost spojená s vysokým uživatelským komfortem. Tepelné čerpadlo funguje na podobném principu jako chladnička – chladicí stroj ochlazuje okolní prostředí a získané teplo přenáší do topného systému. Čerpadla mohou získávat tepelnou energii ze vzduchu, země nebo vody.

Pro domy s nízkou potřebou tepla na vytápění je vhodné použít na vytápění plynový kotel nebo tepelné čerpadlo, pokud je k dispozici dostatečný prostor a vhodná kvalita zeminy pro čerpadlo beroucí energii ze země. Kotel na tuhá paliva není pro bytové domy vhodný z hlediska náročnosti na obsluhu a uskladnění paliva.

3.3 VARIANTY VĚTRÁNÍ

Větrání je důležitou součástí každého bytu, domu nebo prostoru určeného pro pobyt osob. Při rekonstrukci bytových domů se klade největší důraz na snížení tepelných ztrát prostupem, což v praxi znamená zateplení kontaktním zateplovacím systémem a výměnu starých oken za nová. Takovou rekonstrukcí vzniká problém s průvzdušností a přívodem čerstvého vzduchu, kdy nová moderní okna mají velice nízkou průvzdušnost. Při nedostatečném větrání se zvyšuje vlhkost vzniklá lidskou aktivitou, zvyšuje se koncentrace CO₂ nad požadovanou hranici a tím se rychle zhoršuje kvalita vzduchu. Důležité je také najít kompromis mezi optimální spotřebou energií na větrání a kvalitou vnitřního vzduchu, jelikož výměna vzduchu je energeticky náročná, respektive cena je vysoká. [4]

U původních nezrekonstruovaných objektů docházelo k přirozenému větrání díky netěsnostem konstrukcí, mechanicky byly větrány pouze hygienické místnosti a kuchyňské digestoře, pomocí centrálního nebo decentrálního systému.

Doporučené množství přiváděného venkovního vzduchu do obytných místností je dle normy ČSN EN 15665/Z1 25 m³/h na osobu.

V obytných místnostech jako je obývací pokoj, ložnice nebo dětský pokoj, kde jsou nejvýznamnějším zdrojem škodlivin lidé, je rozhodujícím kritériem kvality vzduchu koncentrace oxidu uhličitého. Maximální hodnota je pro tyto místnosti 1200 ppm.

V koupelnách je rozhodujícím činitelem činnost osob, koupání a s ní spojená produkce vlhkosti. Optimálním řešením je odvádění vzduchu přímo nad zdrojem vlhkosti, tedy nad vanou či sprchovým koutem.

Při vaření v kuchyni vznikají škodliviny v podobě vlhkosti, odérů a v případě plynového sporáku, vzniká spalováním oxid uhličitý.

Přívod čerstvého vzduchu do obytných místností se řídí podle koncentrace oxidu uhličitého a pro ovládání přírodních prvků jsou zabudována čidla CO₂. Odvod vzduchu z místností, kde vzniká vlhkost a oděry, se řídí dle čidel vlhkosti, vypínače osvětlení nebo kuchyňské digestoře. [4]

Možnosti větrání:

1) Přírozené větrání - Tento systém větrání je používán již od starověku. Využívá rozdílů tlaků vnitřního a vnějšího prostředí. V minulosti fungoval tento systém znamenitě díky netěsným rámcům oken, a například také díky existenci kamen a krbů, kde při spalování dochází k přisávání vzduchu do místnosti. Většinou se pro přírozené větrání využívá okenních a dveřních spár, další variantou je provětrávání, šachtové větrání nebo aerace. Nevýhodou tohoto systému je závislost na klimatických podmínkách a na lidském faktoru. Důsledkem může být nedostatečné množství větracího vzduchu nebo naopak přebytek.

2) Nucené větrání - Systém nuceného větrání dokáže využít řízené výměny vzduchu v závislosti na aktuální koncentraci škodlivých látek v interiéru. Tento systém lze rozdělit na centrální a decentrální větrání, obě možnosti mohou nebo nemusí využít rekuperační jednotky.

Jeden ze způsobů řešení jsou decentrální ventilátory (bez rekuperace), umístěné v jednotlivých bytech. Spouštěcí povel udají odtahovým ventilátorům čidla CO₂, vypínače osvětlení, termostaty nebo hygrometry. Přívod vzduchu je zajištěn přírodními prvky za otopnými tělesy, regulačními prvky v rámech oken a dveří a podobně. Nevýhodou těchto ventilátorů je emise hluku přímo v obytných jednotkách. Použitím těchto jednotek, nastává problém při odvětrání digestoří, digestoře s vlastními ventilátory není vhodné připojovat do společného stoupacího potrubí, mohlo by dojít k přefukování a pronikání pachů do sousedních bytových jednotek. Tyto digestoře je nutné řešit jako centrální systém nebo vyvést přímo z bytu mimo objekt přes stěnu. [5]

Dalším systémem bez rekuperace je centrální systém, kdy je centrální ventilátor umístěn na konci stoupacího potrubí na střeše nebo v podstřeší bytového domu. Takto umístěné ventilátory pracují v mírném podtlaku, aby nedocházelo k pronikání pachů z jednoho bytu do

druhého. Ventilátory jsou v provozu pouze podle požadavku uživatelů a vždy jsou ovládány inteligentními čidly CO₂ (čidly vlhkosti, teploty časovými spínači). Výhodou těchto ventilátorů je umístění zdroje hluku mimo bytovou jednotku.

Problém u těchto systému nastává při řešení přírodních otvorů formou infiltračních prvků v okenních rámech a dveřích, které by měly mít srovnatelnou kvalitu jako vlastní okno a měly by zajistit dostatečný akustický a tepelněizolační komfort s minimalizací kondenzace. V případě, že přírodní prvky nebudou takto fungovat, jedná se o degradaci moderního okna.

Asi jediným možným řešením, které řeší výše uvedené problémy, je nucené rovnotlaké větrání s centrálním nebo bytovým přívodem vzduchu doplněné o zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu (rekuperací).

U decentrálních systémů jsou umístěny jednotky v každém bytě, většinou do podhledu nebo za předstěnu v předsíni či hygienickém zázemí, kde budou překážet nejméně. Přívod vzduchu je pro každou jednotku zvlášť z fasády objektu nebo společně stoupacím potrubím. Čidla CO₂, vlhkosti či manuální zapnutí zajišťují rovnotlakou výměnu.

Jako tomu bývá u většiny centrálních systémů, tak i tady je výhodou umístění mimo obytný prostor (eliminace hluku) a s tím spojený pravidelný servis. Přívodní potrubí do jednotlivých bytů nemusí být izolováno. Je sice pravdou, že místo několika jednotek je pouze jedna, ale o to větší a proto pokud nemáme možnost umístění jednotky například na střechu, musíme vyčlenit místnost adekvátně velikou. Další nevýhodou je nižší účinnost rekuperace a složitější regulace přívodního vzduchu.

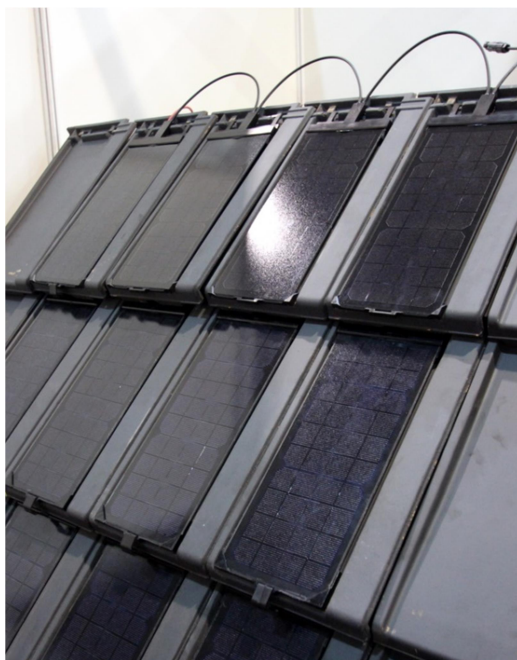
Pro menší bytové domy jsou z ekonomického hlediska výhodnější decentrální jednotky.

3.4 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE

Při rekonstrukci a zvláště potom při modernizaci je dobré využít obnovitelných zdrojů energie. Jedná se hlavně o solární, větrnou nebo geotermální energii. U bytových domů se nejčastěji využívá solární energie pro ohřev TUV nebo výrobu elektřiny. Téměř veškerá energie na Zemi, pochází ze slunečního záření (rostou rostliny, ohřívají se části planety a tím vzniká proudění vzduchu, vypařování vody a následné srážky) . Na území ČR dopadne za rok asi milionkrát více sluneční energie, než je naše roční spotřeba elektřiny.

1) Fotovoltaické panely - Fotovoltaické zařízení představuje jednoduchý a elegantní způsob, jak přeměnit sluneční energii na elektrickou energii, kterou je možno využívat pro potřeby uživatelů bytového domu.

- Umístění panelů na bytovém domě se šikmou střechou - V tomto případě se panely umísťují na konstrukci připevněnou k nosným prvkům střechy nebo jsou integrovány přímo do střešní krytiny. Panely musí mít dostatečnou mechanickou a klimatickou odolnost (vůči větru, mrazu, krupobití atd.) Nevýhodou těchto panelů je, že se nedokáží natáčet vzhledem k poloze slunce. Nejlepší sklon panelů pro celoroční výrobu elektřiny je 35°. [6]



Obr.4 Integrace panelů do krytiny, převzato z [14]



Obr.5 Panely kotvené na konstrukci střechy, převzato z [7]

- Umístění na fasádě objektu - Další variantou kam umístit panely je na fasádu objektu. Důležitou podmínkou pro toto umístění je správná orientace budovy ke světovým stranám. Panely jsou do stěny přichyceny pomocí konstrukce, čímž vznikají tepelné mosty. Za panely musí být větraná mezera. Další nevýhodou je nižší účinnost takto zabudovaných panelů oproti šikmé variantě.



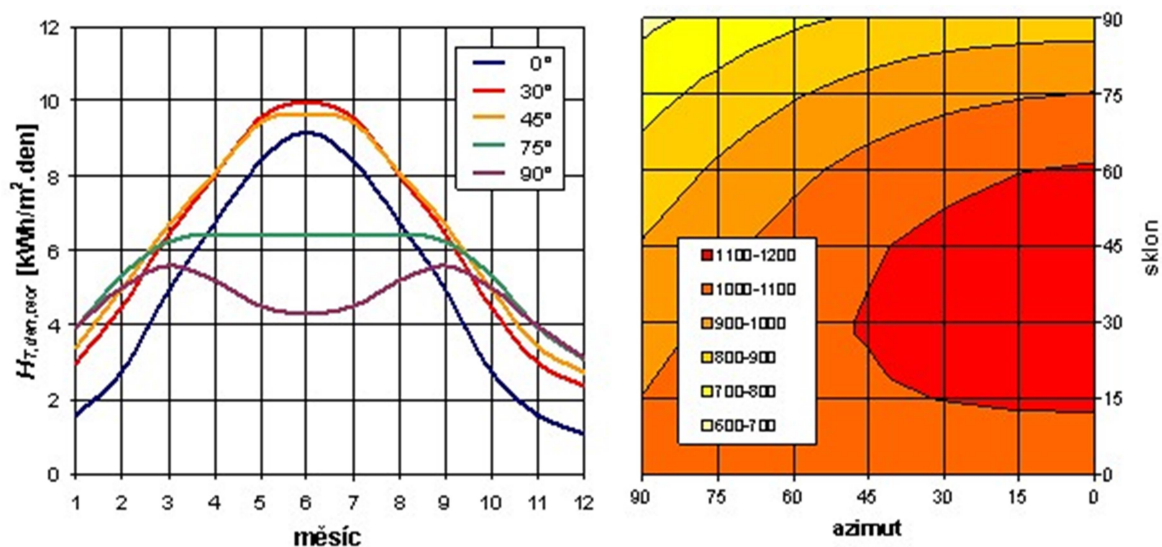
Obr.6 Panely kotvené do stěn, budova ČVUT

- Umístění na ploché střeše objektu - Jedná se o nejpoužívanější systém umístění panelů. Účinnou plochu panelu nesmí zastiňovat okolní zástavba, větrací šachty nebo jiné konstrukce na střeše. Fotovoltaické panely na nosných konstrukcích nutno kotvit proti větru. Výhodou je, že pokud takto umísťujeme panely na střechu, tak objekt nemusí mít zásadně optimální orientaci vůči světovým stranám.



Obr.7 Panely umístěné na ploché střeše, převzato z [6]

2) Fototermické panely - V těchto panelech se pomocí slunečního záření ohřívá voda, která se využívá pro ohřev TUV a vytápění. U bytových domů je to na jedné straně energeticky výhodné vzhledem k celoročnímu relativně rovnoměrnému odběru, na straně druhé musí respektovat dispozici domu, dosavadní způsob ohřevu teplé vody a vytápění a umístění solárních zásobníků. Optimální sklon solárních panelů pro přípravu teplé vody je 45° . Tyto panely se nejčastěji umísťují, podobně jako fotovoltaické panely, na šikmou nebo plochou střechu nebo na obvodový plášť.



Obr.8 Roční profil teoretických dávek slunečního ozáření na různě skloněné plochy a celkové roční dopadlé energie pro různé umístění plochy kolektorů, převzato z [8]

3) Využití šedé vody - Dalším velkým problémem posledních let, který zatěžuje české domácnosti, je nedostatek vody. Studny se už nevrtají dvacet metrů, jak bylo zvykem, ale třeba třicet, čtyřicet a dokonce i padesát metrů. Řešení těchto problémů vede ke znovupoužití odpadní vody a to jak užitkové „šedé“, tak dešťové. Tyto vody lze po úpravě (fyzikální, fyzikálně-chemické, biologické úpravě) používat jako vodu provozní (tzv. bílou vodu), případně pro zavlažování zahrady.

4. MOŽNOSTI REGENERACE BYTOVÝCH DOMŮ

Dle [9] jsou možnosti a přístupy k rekonstrukci bytových domů následující:



Obr.9 Původní vzhled modelového domu, převzato z [9]

1) Avantgardní pojetí - Hlavním záměrem této varianty je zcela zakrýt původní architekturu bytového domu a vytvořit zcela novou architektonickou podobu domu. Upraven nejen vzhled domu ale i dispozice a velikost jednotlivých bytů. Fasáda rozdělena do několika hmotově menších objemů ploch, které si navzájem nestíní. V posledních podlažích mezonetové byty, v přízemí komerční prostory. Jedná se o nejkomplicovanější možnost rekonstrukce, ovšem za určitých podmínek řešitelná. [9]



Obr.10 Avantgardní řešení modelového domu, převzato z [9]

2) Představená fasáda - Tato možnost nabízí zrušení lodžii, fasáda se tím zarovná a zvětší se vnitřní prostory. Obálka domu se stane kompaktnější, což je ideální pro dosažení pasivního standardu. Následně je k objektu přistavěna samonosná konstrukce balkonů a lodžii, vhodná pro eliminaci tepelných mostů a stínění v letních měsících. [9]



Obr.11 Varianta s představenou fasádou, převzato z [9]

3) Individuální řešení - Výsledné řešení a vzhled domu vzejde z několika variant, které si vyberou sami nájemníci (zateplení fasády, výměna oken, užití fotovoltických a fototermických panelů, zasklení lodžii nebo vzájemná kombinace těchto opatření). Různými kombinacemi může vzniknout zajímavá a vzhledná varianta domu. [9]



Obr.12 Individuální řešení, převzato z [9]

4.1 Příklady rekonstrukcí z České republiky

- **Panelový dům Trmaň**

Autory rekonstrukce, která proběhla v roce 2001, jsou Tomáš Klanc a David Levačka Kraus z ateliéru Architektura s.r.o.. Původní objekt ubytovny byl vybourán na hlavní nosnou konstrukci, příčky, dveře, okna a povrchy jsou nové. Díky nově tvarované střešní nástavbě vznikly další obyvatelné podlaží. Na fasádě jsou vertikálně představené terasy a vykonzolované hmoty, které upravili nevzhledné, původní horizontální členění budovy. Vznikla tím široká škála 58 bytů 1+kk až 3+kk a 6 bezbariérových bytů. [10]



Obr.13 Panelový dům a) před rekonstrukcí b) a c) po rekonstrukci, převzato z [10]

- **Bytový dům Praha 6, Vokovice**

Bytový dům v Praze 6 má jednu nevšední zvláštnost a tou je, že architekt domu Doc. Ing. akad. arch. Jiří Mojžíš, podle kterého se dům v roce 1972 dostavěl, vypracoval i projekt podle kterého se tento dům po 40 letech rekonstruoval. V roce 2011 tato budova vyhrála v soutěži Fasáda roku 2011 kategorii rekonstrukce bytového domu. Při rekonstrukci, byla původně cihlové stavbě, zateplena střecha a fasáda vrstvou polystyrenu (100mm) a vyměněna okna. Rekonstrukce se dotkla i interiérů, kdy z původních pěti bytových jednotek je v současné době šest. Tato budova upoutá svým střídavým barevným řešením a dokonalým splynutím s okolní zástavbou. Rekonstrukce dopřála nové fasádní prvky, které napomáhají ukončení uliční fronty. [11]



Obr.14 Dům Praha 6, stav po rekonstrukci, převzato z [11]

- **Bytový dům Uherské Hradiště, Zelené náměstí**

Bytový dům, původně sloužící jako kasárny, dostal v roce 2010 2. ocenění v kategorii rekonstrukce. Autorem návrhu je firma DAJAK, s.r.o.. V tomto případě je lepší než slovo rekonstrukce používat slovo konverze. Objekt prošel radikální proměnou, na jejímž konci přišel o původní sedlovou střechu, byly přistavěny nové části, zbudovány lodžie a ustupující patro, díky nimž se objekt jeví členitější. Celkový dojem umocňuje různě barevná členitá fasáda. Dům na Zeleném náměstí oživil jednotvárnou kasárenskou architekturu výraznou barevností a členitostí a stal se především pro rodiny s dětmi zajímavou alternativou pro bydlení. V objektu se nachází 25 bytových jednotek a v přízemí jsou situovány komerční prostory. [12]

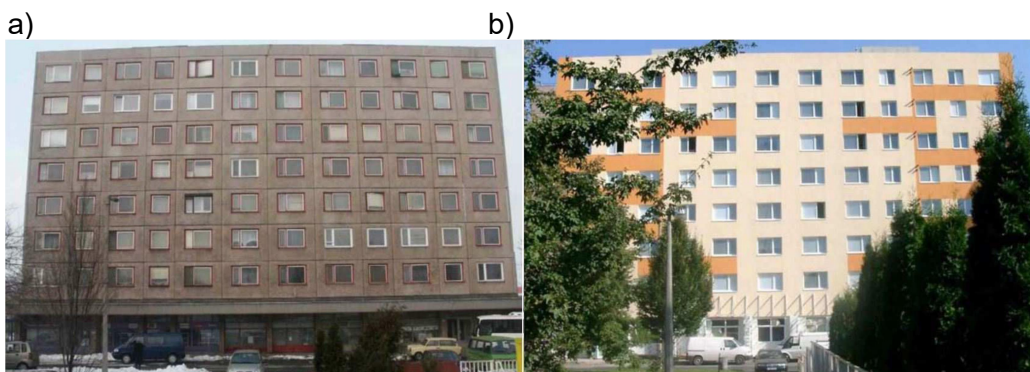


Obr.15 Dům Uherské Hradiště, stav po rekonstrukci, převzato z [12]

4.2 Příklady rekonstrukcí ze zahraničí

- **Panelový dům Solanova, Maďarsko**

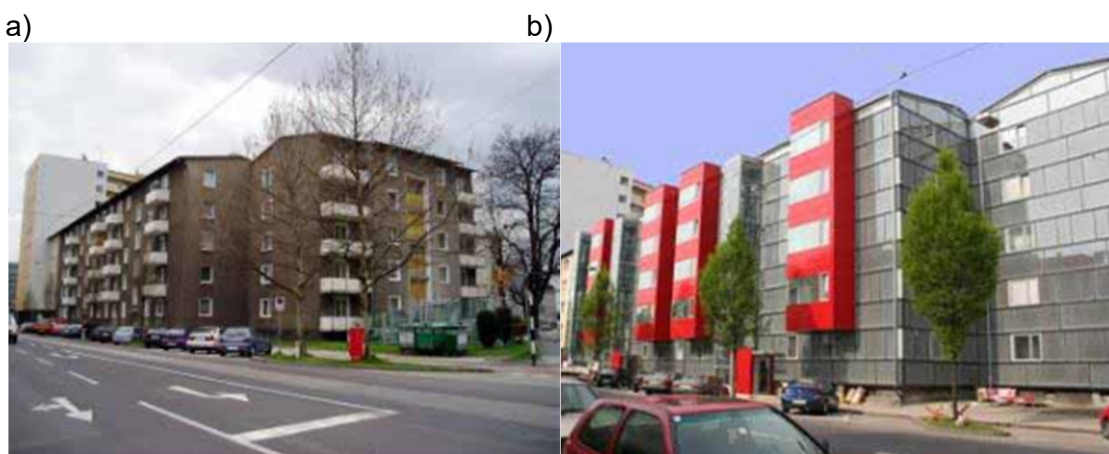
Tento panelový dům byl dostavěn v roce 1975, následná rekonstrukce se konala v letech 2003 – 2005. Hlavním cílem rekonstrukce bylo snížení energie na vytápění pod 10% stávajícího stavu. Při rekonstrukci došlo k výměně starých oken za nová (izolační trojskla), zateplení fasády, sklepa, atiky a změna střechy (plochá s asfaltovým pásem změněna na zelenou pochozí). Už samotný projekt přestavby se řídil dle názorů nájemníků objektu, kdy se projektanti snažili maximálně využít užitečných informací. Mimo jiné bylo zjištěno, že jsou uživatelé více nespokojeni v létě než v zimě. Proti letnímu přehřívání byly použity žaluzie a v každé bytové jednotce umístěna vzduchotechnická jednotka s rekuperací tepla. Po první zimě bylo nutné doladit a zregulovat otopnou soustavu a poučit uživatele, aby nedocházelo k přetápění místností v zimním období. V létě nastaly další uživatelské problémy se stíněním (stínění v nevhodný čas) a větráním (předchlazením). Nakonec došlo k úspoře až 80% energie. [13]



Obr.16 Panelový dům Solanova a) před rekonstrukcí b) po rekonstrukci, převzato z [13]

- **Bytový dům Linz, Rakousko**

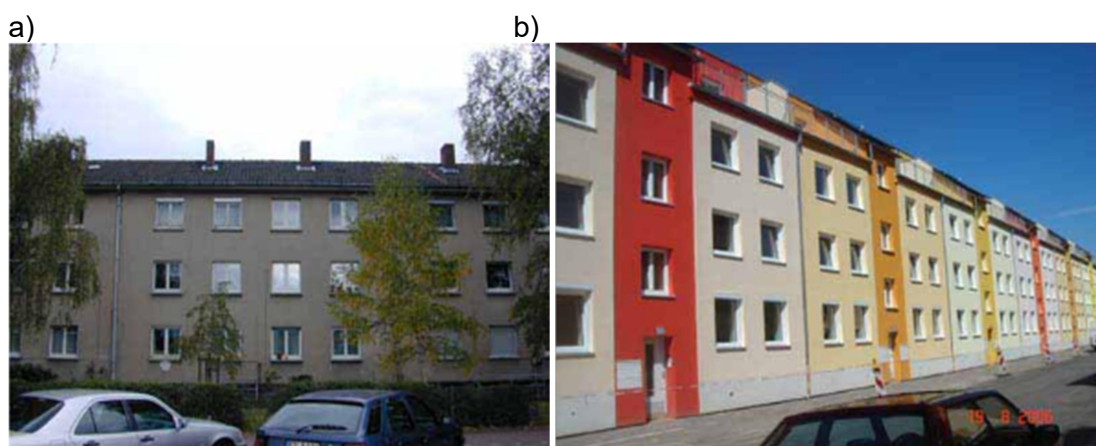
Bytový dům v rakouském Linzu byl postaven v roce 1957 a renovace proběhla v letech 2005 - 2006. Pěti patrový dům byl postaven ze zdiva a betonu. Podobně jako u předchozího projektu, tak i zde, bylo jednáno s uživateli a konzultovány možné varianty řešení. Po všech konzultacích bylo rozhodnuto, že na fasádu byly přisazeny montované panely s minerální vatou, byla zateplena střecha minerální vlnou, osazeny solární panely a do každého bytu byla instalována malá vzduchotechnická jednotka s rekuperací tepla. Celkově je v domě 50 bytových jednotek, přízemí domu je realizováno v nízkoenergetickém standardu, ostatní podlaží ve standardu pasivním. Protože se jednalo o pilotní projekt, usilovalo se o viditelnou úsporu energie i nákladů, což se taky později prokázalo v praxi. [13]



Obr.17 Dům v Linzu a) před rekonstrukcí b) stav po rekonstrukci, převzato z [13]

- **Bytový dům ve Frankfurtu nad Mohanem, Německo**

Tento bytový dům je ze všech třech bytových domů ze zahraničí ten nejstarší. Postaven byl v roce 1950 a rekonstrukce proběhla v roce 2005. Čtyřpodlažní dům s padesáti čtyřmi byty je materiálově řešen ze zdiva a dřeva. Snahou rekonstrukce bylo, co nejvíce snížit vysokou potřebu tepla na vytápění která představovala $290 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, pokud možno až na hodnoty pasivního standardu. Při rekonstrukci bylo zatepleno zdivo polystyrenem, zbudováno nová zateplená střešní nástavba, vyměněna oken za nová, izolační s trojsklem a do každého bytu osazena vzduchotechnická jednotka s rekuperací. Byty jsou vytápěny pomocí dohřátého vzduchu ze vzduchotechnických jednotek a v suterénních bytech jsou přidány malé radiátory. S takovými opatřeními se potřeba tepla na vytápění snížila až na $17 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, což je míň než 10% původního stavu.



Obr.18 Dům ve Frankfurtu nad Mohanem a) stav před rekonstrukcí b) stav po rekonstrukci, převzato z [13]

5. POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU BYTOVÉHO DOMU

5.1 HISTORIE OBJEKTU

Bytový dům v Horní Nové Vsi, část města Lázně Bělohrad, byl postaven v roce 1907. V roce 1982 proběhla rekonstrukce, kdy byla opravena střecha, zatepleno obvodové zdivo z interiéru pomocí křemelinových cihel, upravena dispozice jednotlivých bytů a proběhla výměna oken.

Vzhled budovy se během celé její historie nijak zásadně neměnil, maximálně změna velikosti oken. Byty původně sloužily pro ubytování pracovníků nedaleké továrny.

V loňském roce 2017 proběhlo podřezání zdiva v přízemí z důvodu zvýšené vlhkosti a dodatečné zaizolování proti vztlínající vodě.

5.2 KONSTRUKČNÍ A TECHNICKÉ ŘEŠENÍ DOMU

Bytový dům má dvě nadzemní podlaží a podkroví. Konstrukční systém domu je stěnový s trémovými stropy.

- Základové konstrukce - Základy domu jsou tvořeny pasy z pískovcových bloků. Jednotlivé pasy mají různou tloušťku v závislosti na velikosti zatížení. Zemina je v místě stavby propustná.
- Svislé nosné konstrukce - Zdivo je složeno převážně z cihel plných pálených o rozměrech 290x140x65mm. Nosné stěny mají tloušťku 450 mm, přičemž obvodové zdi jsou z interiérové strany opatřeny přízdívkou z křemelinových tvárnic ISOSTONE v tloušťce 150 mm. Mezi základové pasy a svislé nosné stěny je od roku 2017 nově vložena hydroizolace z asfaltových pásů proti vztlínající vodě.
- Vodorovné nosné konstrukce - Nosnou částí ve stropních skladbách jsou dřevěné trámy, které mají v obou střepech různé průřezové rozměry (nad 1.NP 180/240 mm, nad 2.NP 100/150 mm). Strop nad druhým nadzemním podlažím je uvažován jako nezátížitelný, tudíž by podkrovní část neměla sloužit pro uskladnění věcí, jak tomu je

v dnešní době. Vzdálenost jednotlivých trámů od sebe je 1000 mm a maximální rozpon je 6150 mm. Příčky v druhém nadzemním podlaží o tloušťce 250 mm, které byly dostavovány během rekonstrukce v roce 1982, jsou založeny na ocelové nosníky I160. Nad otvory jsou železobetonové nebo ocelové překlady. Strop nad zádveřím je z hruďsek osazených do ocelových nosníků.

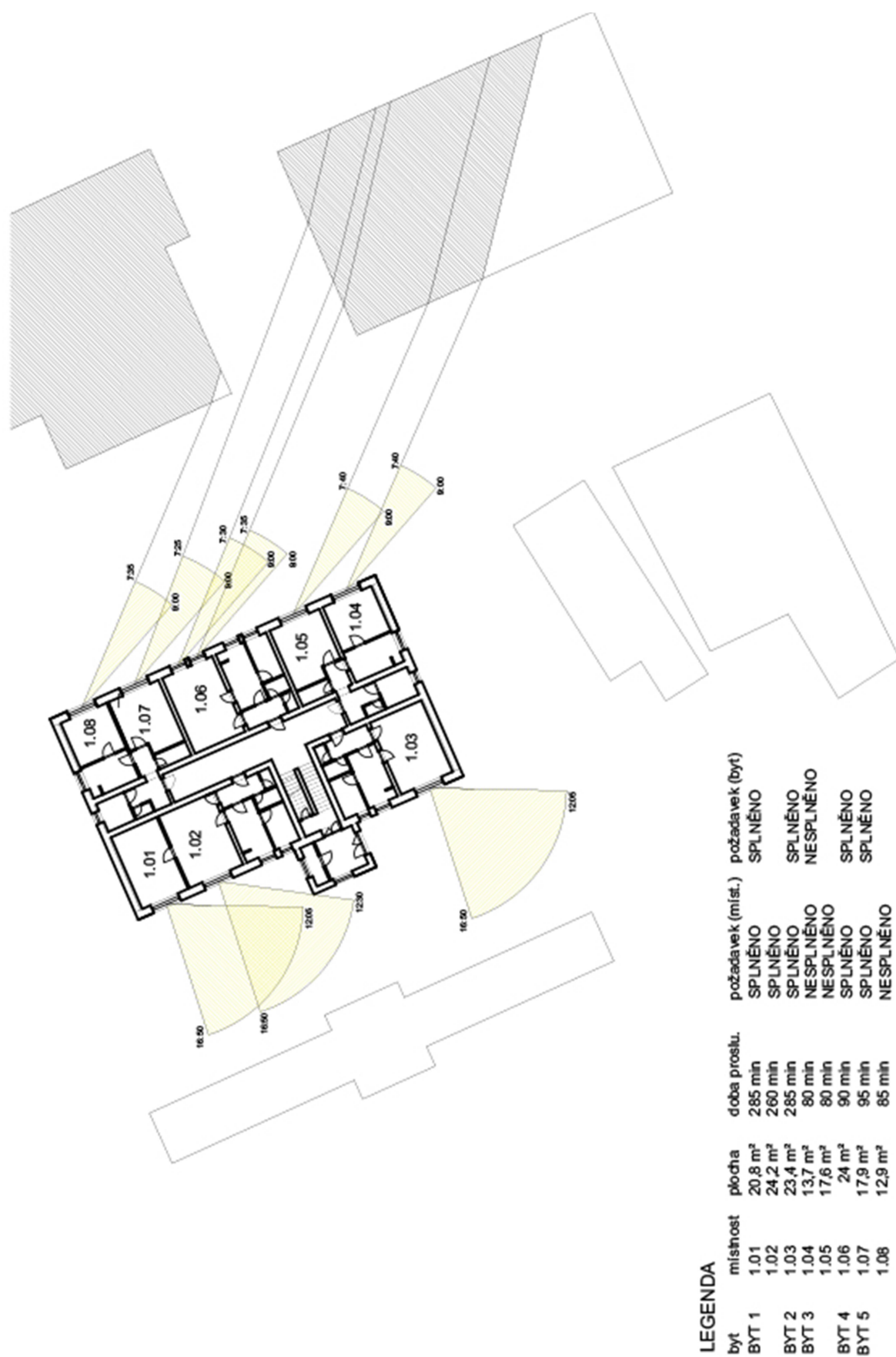
- Vertikální komunikace - Objekt není vybaven výtahem, veškeré spojení jednotlivých podlaží zajišťuje železobetonové dvouramenné schodiště. Pnuté mezi nosnými stěnami. Železobetonové mezipodesty jsou pnuty mezi nosné stěny v rozponu 2700 mm. Mezi 1.NP a 2.NP má každé schodišťové rameno šířky 1200 mm 12 stupňů s šířkou 300 mm a výškou 160 mm. Schodiště mezi 2.NP a podkrovím má v druhém rameni o jeden stupeň méně než v ostatních ramenech. Srovnávací schodiště mezi zádveřím a 1.NP tvoří 5 stupňů o šířce 300 mm a výšce 160 mm.
- Střešní konstrukce - Celý objekt, kromě zádveří, je zastřešen sedlovou nezateplenou střechou, která byla při rekonstrukci opláštěna plechovou krytinou. Střecha nad zádveřím je plochá se spádem směrem od domu. Dešťová voda je odvedena pomocí střešních okapů a svodů.
- Příčky a dělicí konstrukce - Příčky jsou z plných pálených cihel a z křemelinových tvárnic ISOSTONE. Tloušťky těchto konstrukcí jsou 100 mm, 250 mm a 300 mm.
- Komíny - Hmotou objektu vede šest komínových těles vyzděných z plných pálených cihel. V každém komínovém tělese jsou dva průduchy, rozměry komínu jsou 750 mm x 450 mm. Komíny jsou využívány pouze pro odvod odpadního vzduchu, zřejmě nikdy nebyly použity pro odvod spalin.
- Podlahy - V hygienických místnostech a ve společných chodbách je použita keramická dlažba. Zbylé podlahové plochy tvoří PVC.
- Výplně otvorů - V bytech jsou dřevěná špaletová okna v různých rozměrech, která byla osazena při rekonstrukci. Osvětlovací otvory na společném schodišti jsou vyplněny luxferami. Dveře jsou původní dřevěné.

- Vytápění objektu - Celý objekt je vytápěn pomocí elektrických akumulčních kamen umístěných v každém bytě a na chodbě. Podkroví je nevytápěno.
- Větrání objektu - Všechny místnosti kromě WC, koupelny a kuchyně jsou větrány přirozeně, zbylé tři jmenované jsou odvětrány ventilátory umístěnými v místnostech, jde tedy o podtlakové větrání. Odvětrání je vedeno skrz komínová tělesa nad střešní konstrukci.
- Ohřev teplé užitkové vody – Jedná se o lokální ohřev vody, kdy v každém bytě v koupelně je umístěn elektrický bojler o výkonu 2 kW s topnou spirálou. Velikost každého zásobníku je 125 litrů. Teplá voda se ohřívá v době nízkého tarifu (noční proud). Oběhová čerpadla a cirkulace nejsou instalována.

5.3 PRŮZKUM A ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU

- Střešní konstrukce - Sedlová střecha byla při poslední rekonstrukci opravena. Byl doplněn a opraven stávající krov a místo pálených tašek byla na střechu přikotvena plechová krytina. Celkově je střešní konstrukce v dobrém stavu.
- Vertikální komunikace - Jelikož i při vstupu do přízemí je nutné překonat srovnávací schodiště, chybí tomuto objektu výtah, který by zajistil pohodlnější vstup do domu a vytvořil bezbariérové bydlení.
- Vodorovné nosné konstrukce - V části D1.2 je podrobný výpočet kde vidíme, že strop nad 1.NP nevyhovuje dnešním požadavkům a je nutno ho vyztužit ocelovými nebo dřevěnými příločkami k nosným trámům, aby byl zajištěn konečný průhyb konstrukce. Strop nad 2.NP by se neměl nijak zatěžovat, ačkoli nynější nájemníci toho nedbají a skladují v podkroví různé věci.
- Akustika - Problém s hlukem v tomto objektu není nijak zásadní, jelikož ve stropní konstrukci je vložena tepelná izolace, která zároveň slouží jako kročejová a mezibytové příčky mají dostatečnou tloušťku.

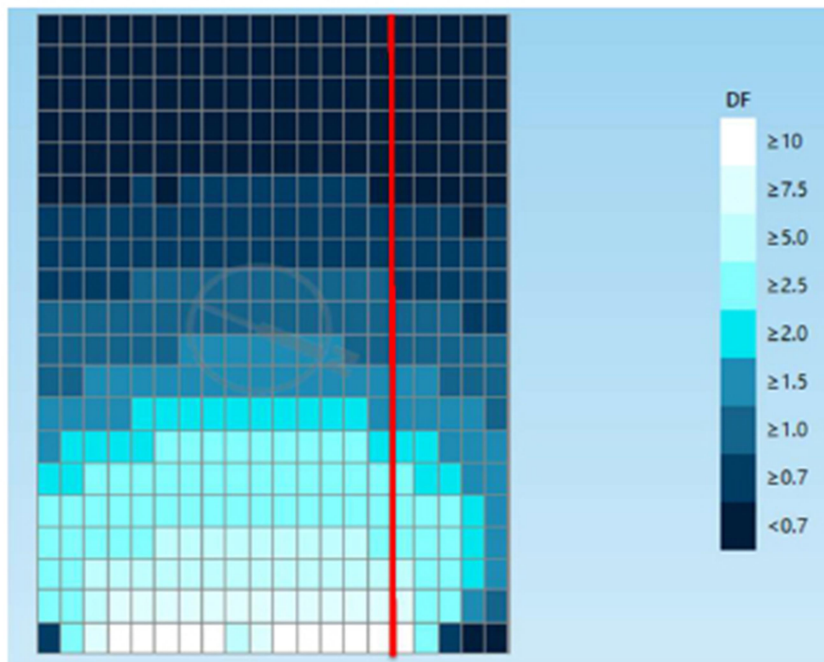
- Proslunění bytů - Na *Obr.19* je znázorněno proslunění jednotlivých bytů v 1.NP, kde můžeme vidět, že jeden z bytů dle diagramu zastínění nevyhovuje dnešním požadavkům na proslunění bytu.
- Prosvětlení bytů - Prosvětlení bytů splňuje požadavky, jak můžeme vidět na *Obr.20*. Pro posouzení byla vybrána místnost 1.06 se severovýchodní orientací směrem do ulice.



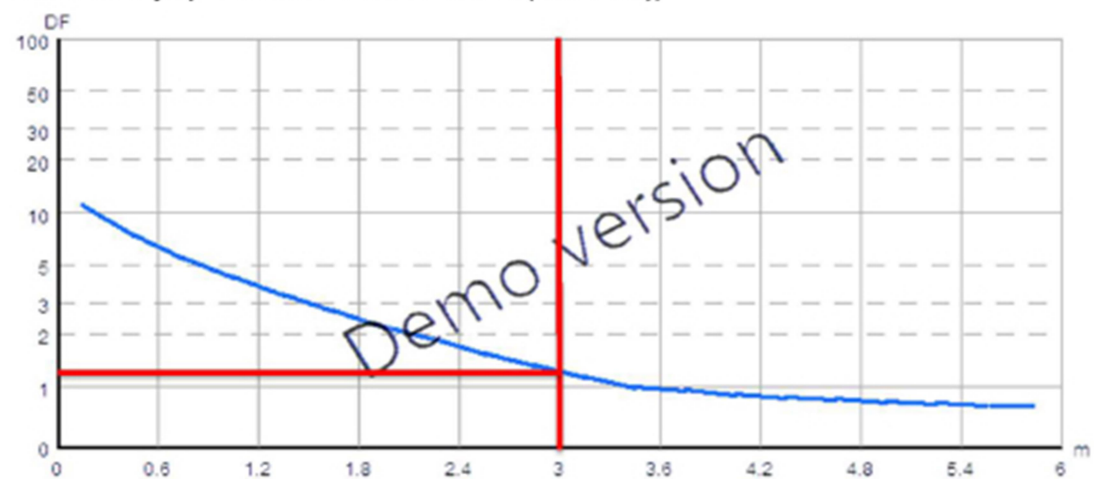
Obr.19 Schéma proslunění bytů dle diagramu zastínění

Místnost 1.06

Celkový pohled na výsledný stav



Křivka zobrazující průběh činitele denní osvětlenosti (1m od stěny)



Ve vzdálenosti 1m od stěny a 3m od okna je hodnota činitele denní osvětlenosti 1,3%, což vyhovuje požadavku (0,7%).

Obr.20 Výstupy z programu DIAL+ pro posouzení prosvětlení bytu

5.4 TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU

Tato kapitola popisuje konstrukce a vztahy mezi nimi, vztahy mezi vytápěnou a nevytápěnou částí a vytápěnou zónou a exteriérem. Poloha jednotlivých konstrukcí je zohledněna činiteli teplotní redukce b [-], když je na druhé straně konstrukce zemina nebo nevytápěný prostor. V případě exteriéru je činitel roven 1. Činitel je potřebný při výpočtu U_{em} (průměrný součinitel tepla).

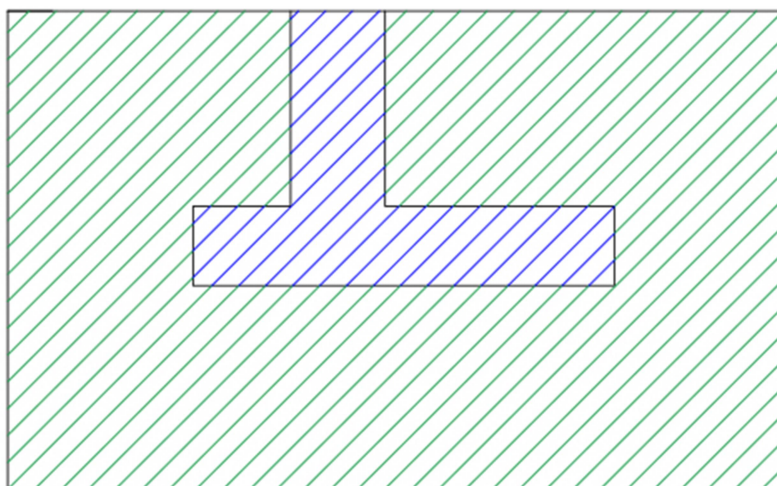
V normě ČSN 730540-2 jsou uvedeny dva požadavky, které by měl objekt splňovat pro to, aby vyhověl.

- Jsou to: - U [W/m^2K] součinitel prostupu tepla, každá konstrukce na systémové hranici
- U_{em} [W/m^2K] průměrný součinitel prostupu tepla, vlastnost celé budovy

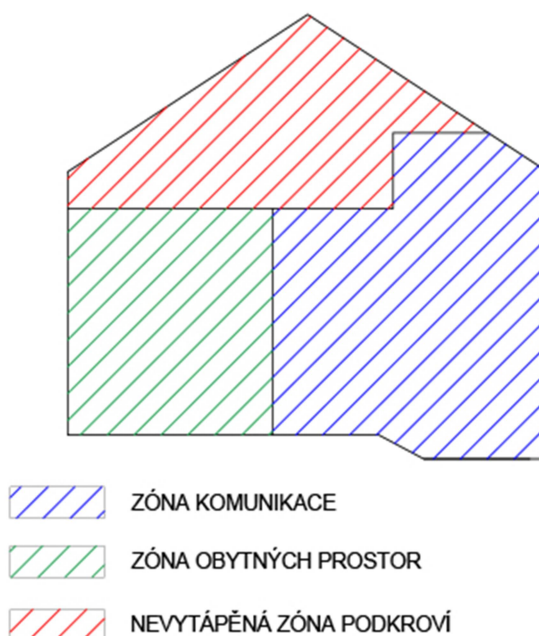
5.4.1 Hodnocení konstrukce z hlediska součinitele prostupu tepla U

Je nutné určit zóny objektu a stanovit převažující teploty v nich. Tento bytový dům je rozdělen na dvě zóny, na byty a na společné prostory. V bytech uvažujeme teplotu 21°C a ve společných prostorech 16°C. Podkroví se uvažuje jako nevytápěné, proto není zahrnuto do obálky budovy.

ZÓNOVÁNÍ BĚŽNÉHO PODLAŽÍ



ZÓNOVÁNÍ V ŘEZU V MÍSTĚ SCHODIŠTĚ



Obr.21 Zóny objektu

Konstrukce na systémové hranici – stávající stav

Konstrukce	Vrstvy	Tloušťka (mm)	
Obvodová stěna	Vnější omítka	20	630
	Plné pálené cihly	450	
	Křemelinové cihly	150	
	Vnitřní omítka	10	
Podlaha na zemině	Keramická dlažba	10	235
	Cementová malta	20	
	Perlitbeton	80	
	Pěnový polystyren	50	
	Hydroizolace IPA	5	
	Podkladní beton	70	
Strop pod nevytápěným prostorem	Perlitbeton zatřený	60	280
	Dřevěný záklop	30	
	Vzduchová mezera (mezi trámy)	50	
	ITAVÉR (mezi dřevěné trámy)	100	
	Dřevěné podbití	25	
	Rákosová omítka	15	
Stěna mezi zónami	Vnitřní omítka	10	470
	Plné pálené cihly	450	
	Vnitřní omítka	10	

Tab.1 Skladby konstrukcí - stávající stav

Konstrukce	U (W/m ² K)	Požadované U (W/m ² K)	Doporučené U (W/m ² K)	Splněno
Obvodová stěna	1,17	0,3	0,25	NE
Podlaha na zemině	1,1	0,45	0,3	NE
Strop pod nevyt. prostorem	1,3	0,3	0,2	NE
Výplně otvorů původní	2,8	1,5	1,2	NE
Stěna mezi zónami	1,37	1,3	0,9	NE

Tab.2 Součinitele prostupu tepla konstrukcí - stávající stav

Při porovnání hodnot předepsaných v normě ČSN 730540-2 se stávajícími konstrukcemi je v tabulce 2 viditelné, že konstrukce nesplňují požadavky. Aby bylo dosaženo požadovaných hodnot součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$, bude nutné zlepšit tepelně technické požadavky jednotlivých konstrukcí

5.4.2 Hodnocení z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}

Průměrný součinitel prostupu tepla je hodnotou, která charakterizuje tepelně technické vlastnosti všech stavebních konstrukcí budovy tvořících její obálku. To znamená všech částí budovy, které vnitřek budovy oddělují od exteriéru. Zahrnut je i vliv tepelných vazeb na systémové hranici, tato přírážka ΔU_{tb} [W/m²K] obvykle podle normy ČSN 730540-4 nabývá hodnot 0,02 až 0,15 a více [W/m²K] podle řešení tepelných mostů. Tato přírážka zjednodušuje působení lineárních tepelných mostů.

Výpočet U_{em} : $U_{em} = H_t / A$ (W/m²K)

H_t měrný tepelný tok prostupem tepla (W/K)

A plocha obálky budovy (m²)

Výpočet H_t : $H_t = \sum A_i \cdot U_i \cdot b_i + A \cdot \Delta U_{tb}$ (W/K)

A_i plocha i -té konstrukce (m²)

U_i součinitel prostupu tepla i -té konstrukce (W/(m²K))

ΔU_{tb} ... přírážka vlivu všech tepelných vazeb na systémové hranici

Hodnoty ΔU_{tb} z ČSN 730540-4 v závislosti na kvalitě konstrukčního řešení:

$\Delta U_{tb} = 0,02$ W/m²K pro budovy téměř bez tepelných mostů

$\Delta U_{tb} = 0,05$ W/m²K pro budovy s mírnými tepelnými mosty

$\Delta U_{tb} = 0,10$ W/m²K pro budovy s běžnými tepelnými mosty

$\Delta U_{tb} = 0,15$ W/m²K a více pro budovy s výraznými tepelnými mosty

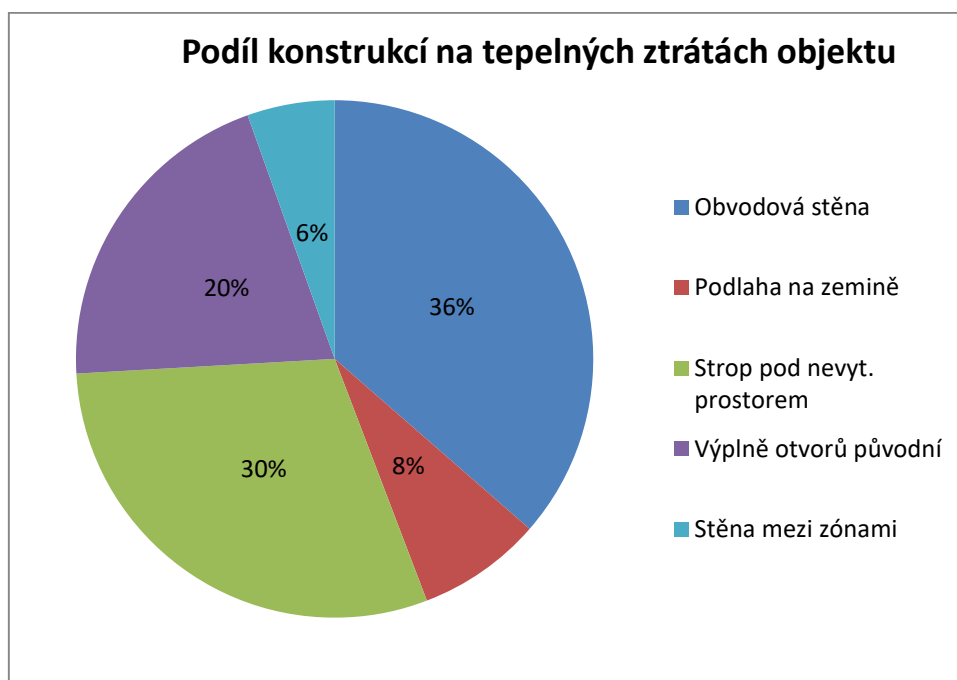
V tabulce 3 je vypočten průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} , dle předchozího postupu výpočtu. Tepelné mosty (lineární a bodové) jsou zohledněny přírážkou $\Delta U_{tb} = 0,1$ W/m²K, budova s běžnými tepelnými mosty.

HODNOCENÉ KONSTRUKCE	Plocha A (m ²)	Součinitel prostupu tepla U (W/m ² K)	Činitel teplotní redukce b (-)	Měrný tepelný tok H_t (W/K)
Obvodová stěna	519,6	1,17	1	607,9
Podlaha na zemině	422,2	1,1	0,28	130,0
Strop pod nevýt. prostorem	422,3	1,3	0,91	499,6
Výplně otvorů původní	121,9	2,8	1	341,3
Stěna mezi zónami	255,5	1,37	0,26	91,0
Součet	1741,5			1670

ΔU_{tb}	0,1
Měrný tepelný tok prostupem H_t	1844
Průměrný součinitel U_{em}	1,1

Tab.3 Výpočet U_{em} - stávající stav

Graf 1 zobrazuje procentuální zastoupení tepelných ztrát jednotlivých konstrukcí na systémové hranici. Je patrné, že největší podíl tepelných ztrát na celkovém množství, má obvodová stěna a strop pod nevytápěným prostorem.



Graf 1 Podíl konstrukcí na tepelných ztrátách objektu - stávající stav

Pro porovnání je v tabulce 4 vypočítán průměrný součinitel prostupu tepla referenční budovy $U_{em,N}$, kde součinitele prostupu tepla U jsou nahrazeny požadovanými součiniteli prostupu tepla $U_{N,20}$.

HODNOCENÉ KONSTRUKCE	Plocha $A \text{ (m}^2\text{)}$	Součinitel prostupu tepla $U \text{ (W/m}^2\text{K)}$	Činitel teplotní redukce $b \text{ (-)}$	Měrný tepelný tok $H_t \text{ (W/K)}$
Obvodová stěna	519,6	0,3	1	155,9
Podlaha na zemině	422,2	0,45	0,28	53,2
Strop pod nevyt. prostorem	422,3	0,3	0,91	115,3
Výplně otvorů původní	121,9	1,5	1	182,9
Stěna mezi zónami	255,5	1,3	0,26	86,4
Součet	1741,5			594

ΔU_{tb}	0,1
Měrný tepelný tok prostupem H_t	768
Průměrný součinitel $U_{em,N}$	0,4

Tab.4 Výpočet $U_{em,N}$ - stávající stav

Závěr: Z vypočítaných výsledků je zřejmé, že $U_{em} = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ je vyšší než $U_{em,N} = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Z toho vyplývá, že podmínka na průměrný součinitel prostupu tepla nižší než průměrný součinitel prostupu tepla referenční budovy, nebyla splněna a obálka budovy je nevyhovující.

5.4.3 Výpočet potřeby tepla na vytápění – stávající stav

Potřeba tepla na vytápění je energie, kterou je potřeba dodat otopné soustavě. Pro výpočet je této energie Q_{nd} je třeba znát hodnoty tepelných ztrát a využitelných tepelných zisků vypočítaných pro každý měsíc.

Výpočet Q_{nd} : $Q_{nd} = Q_i - \eta_g \cdot Q_g \text{ [kWh]}$

Q_i ... celkové tepelné ztráty vytápěné zóny

η_g ... faktor využitelnosti tepelných zisků

Q_g ... celkové tepelné zisky vytápěné zóny

Tepelné ztráty: Skládají se z tepelných ztrát prostupem konstrukce a tepelných ztrát větráním.

Výpočet Q_i : $Q_i = Q_T + Q_V \text{ [kWh]}$

Q_T ... tepelná ztráta prostupem $Q_T = HT \cdot (\theta_{i,set} - \theta_e) \cdot t$

Q_V ... tepelná ztráta větráním $Q_V = HV \cdot (\theta_{i,set} - \theta_e) \cdot t$

$\theta_{i,set}$... požadovaná vnitřní teplota (20°C)

θ_e ... teplota venkovního prostředí

t ... časový krok (počet hodin v měsíci)

H_T ... měrný tepelný tok prostupem (W/K)

H_V ... měrný tepelný tok větráním (W/K)

Využitelné tepelné zisky: Součet vnitřních a solárních tepelných zisků.

Výpočet Q_g : $Q_g = Q_{int} + Q_{sol} \text{ [kWh]}$

Q_{int} ... vnitřní tepelné zisky $Q_{int} = (n_{os} \cdot 100 \cdot occup + n_{bj} \cdot 100) \cdot t$

Q_{sol} ... solární tepelné zisky $Q_{sol} = \Sigma H \cdot \Sigma A_s$

n_{os} ... počet osob

$occup$... obsazenost (pro bytové domy 0,7)

n_{bj} ... počet bytových jednotek

Následující tabulka 5 zobrazuje potřeby tepla na vytápění v jednotlivých měsících.

Součet všech potřeb tepla na vytápění je nakonec vydělen podlahovou plochou vytápěné zóny.

CELKOVÁ TEPELNÁ BILANCE								
	Ztráty			Zisky				
Měsíc	Q_t (kWh)	Q_v (kWh)	Q_i (kWh)	Q_{sol} (kWh)	Q_{int} (kWh)	Q_g (kWh)	η_g	Q_{nd} (kWh)
Leden	26204,1	1965,5	28169,6	261,38	1785,6	2046,98	0,997	26129,6
Únor	22602,1	1695,3	24297,4	417,51	1612,8	2030,31	0,996	22276,3
Březen	20538,4	1540,5	22078,9	643,01	1785,6	2428,61	0,992	19669,4
Duben	13935,9	1045,3	14981,2	874,59	1728,0	2602,59	0,980	12429,4
Květen	8262,6	619,8	8882,3	1042,88	1785,6	2828,48	0,940	6224,6
Červen	4911,8	368,4	5280,3	993,57	1728,0	2721,57	0,866	2922,8
Červenec	2714,8	203,6	2918,5	998,04	1785,6	2783,64	0,698	976,1
Srpen	3423,1	256,8	3679,8	996,36	1785,6	2781,96	0,771	1535,3
Září	8338,7	625,5	8964,2	723,34	1728,0	2451,34	0,954	6625,4
Říjen	14164,4	1062,4	15226,8	548,64	1785,6	2334,24	0,985	12928,2
Listopad	19647,4	1473,7	21121,1	281,31	1728,0	2009,31	0,994	19123,6
Prosinec	24905,7	1868,1	26773,8	184,05	1785,6	1969,65	0,997	24811,0
Celkem	169649,2	12724,9	182374,1	7964,7	21024,0	28988,68		155651,7
								kWh/m ² 244,0

Tab.5 Výpočet potřeby tepla na vytápění - stávající stav

Závěr: V tabulce 5 můžeme vidět vypočtenou roční měrnou potřebu tepla na vytápění 244 kWh/m²a, což v porovnání s nízkoenergetickým (do 50 kWh/m²a) nebo pasivním (do 15 kWh/m²a) domem je velice nevhodné. Tento součet se skládá z jednotlivých měsíčních potřeb, které je nutné přivést otopnou soustavou do vytápěné zóny.

5.4.4 Neobnovitelná primární energie – stávající stav

Primární energie je energie, která neprošla žádným procesem přeměny. Je rozdělena na obnovitelnou a neobnovitelnou. Neobnovitelná primární energie se skládá z primární energie potřebné na vytápění a ohřev teplé vody. Celkové množství této energie se vynásobí odpovídajícím faktorem energetické přeměny, který závisí na typu energonositele. Tento faktor je bezrozměrný podíl mezi potřebou neobnovitelné primární energie a potřebou energie dodané na hranici budovy. Pro elektřinu se většinou uvádí faktor 3. Celková spotřeba energie na vytápění o ohřev teplé vody byla převzata z vypracovaného průkazu energetické náročnosti budovy, který je součástí projektové dokumentace v části E. Dokladová část.

Energonositel	Dílčí vypočtená spotřeba energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
	kWh/rok	-	-	kWh/rok	kWh/rok
Elektřina ze sítě	229344	3,2	3	733901	688032
Celkem	229344			733901	688032

Plocha	844,5 m ²
Neobnovitelná primární energie	814,7 kWh/m ² a

Tab.6 Výpočet neobnovitelné primární energie - stávající stav

Závěr: Vypočtená hodnota neobnovitelné primární energie je 814,7 kWh/m²a. Pasivní dům má tuto hodnotu pod 60 kWh/m²a. Řešením pro snížení vypočtené hodnoty je snížení potřeby tepla na vytápění pomocí zateplení konstrukcí a výměny oken, použití zdroje energie s vysokou účinností nebo s nízkým faktorem energetické přeměny.

6. REKONSTRUKCE OBJEKTU – VARIANTA 1

Tato varianta rekonstrukce bytového domu obsahuje změnu dispozice bytů, vytvoření obytného podkroví, zrušení původního zádveří a vytvoření nového v rámci objektu, zabudování výtahu, zateplení objektu, výměnu starých oken, větrání bytového domu pomocí centrálního ventilátoru, vytápění plynovým kotlem.

Ve variantě 1 dojde ke zkvalitnění vnitřního prostředí a snížení potřeby tepla na vytápění, to vše s ohledem na minimální zásah do konstrukce. V porovnání s variantou 2 se jedná o ekonomickou variantu s použitím menších finančních nákladů na rekonstrukci.

6.1 ZMĚNY V REKONSTRUKCI

Dispozice bytů

V přízemí a v prvním patře dojde ke spojení bytů, protože stávající dispozice a velikost otvorů v přízemí nevyhovuje požadavkům na proslunění místností. Díky tomu vznikne větší byt, který uspokojí potřeby čtyřčlenné rodiny. Stejné spojení bytů se opakuje i v prvním patře, tím vznikne větší variabilita bytů a dva prostornější byty na úkor menších. V 1.NP a 2.NP dojde k vybourání křemelinových přizdívek u obvodových stěn a tím zvětšení užitných ploch bytů.

Obytné podkroví

Stávající nevyužívané podkroví bude konstrukčně vyřešeno, tak aby bylo možné zde vybudovat další byty k pronájmu. Neúnosný strop bude doplněn ocelovými nosníky, které ponesou novou skladbu podlahy, příčky a podhled prvního patra. Podrobný popis a výpočet v projektové dokumentaci. Do šikmé střechy budou osazena nová střešní okna.

Zabudování výtahu

Objekt postrádá výtah, jelikož se ani do přízemních bytů nedostane uživatel bez použití srovnávacího schodiště, které tvoří 5 stupňů. Investor projevil zájem zřídit tento dům jako bezbariérový, tudíž výtah je ideální volbou, jak tomuto požadavku vyhovět.

Výtah bude umístěn za zádveřím tvořeným prosklenou stěnou. Tento výtah bude průchozí a zastavovat bude vždy na podestě.

Zateplení objektu

Ve variantě 1 dojde k zateplení obvodového zdiva a podlahy na zemině klasickým pěnovým polystyrenem a střešní konstrukce minerální vatou. Skladby konstrukcí jsou rozepsány v následující kapitole.

Pro zateplení obvodových konstrukcí bude použit běžně užívaný polystyren Isover EPS 70 ($\lambda=0,39$ W/mK) tloušťky 140 mm. Podlaha na zemině bude zateplena pomocí Isover EPS 100 ($\lambda=0,37$ W/mK) ve dvou vrstvách tloušťky 100 mm a 80 mm. Pomocí nadkroevní izolace (z důvodu malé světlé výšky místnosti je vybrána nad kroevní izolace) z čedičové vlny Isover ORSIK ($\lambda=0,38$ W/mK) bude zateplena střešní konstrukce ve dvou vrstvách 100 mm a 100 mm. Zateplení soklu bude z Isover EPS Perimetr ($\lambda=0,34$ W/mK) 100 mm.

Než se začne se zateplením obvodových konstrukcí, je nutné odstranit stávající exteriérovou omítku a srovnat podklad pro zateplení. Barva vrchní omítky bude různá v místě soklu a zbylého zdiva. Barva omítek okolních staveb je různých barev.

Výměna původních oken

Původní okna budou vyměněna za nová plastová s izolačními dvojskly a bude upravena velikost otvorů. Budou vybourány nové otvory pro další okna z důvodu lepšího proslunění a prosvětlení bytů. Výplň otvorů z luxferů v prostoru schodiště bude nahrazena prosklenou fasádou ze skleněných panelů Schuco. Podkrovní prostory budou prosvětleny střešními okny od firmy Velux.

Nová okna:

- 1200 x 1940 mm - 20 ks
- 900 x 1040 mm - 8 ks
- 2200 x 1940 mm - 14 ks
- 1200 x 1900 mm - 4 ks
- 900 x 1000 mm - 2 ks
- střešní okno 800 x 1200 mm - 18 ks

Větrání

V důsledku zateplení konstrukcí a výměně oken je nutné zajistit dostatečné větrání bytů, aby nedocházelo k tvorbě plísní a špatnému vnitřnímu prostředí.

Pro variantu 1 bylo vybráno centrální větrání bez rekuperace pomocí ventilátoru DCV umístěného na střeše nebo v podstřeší objektu. Jedná se o systém řízený aktuální potřebou, v každém bytě jsou umístěny regulátory průtoku vzduchu, čidla CO₂ nebo vlhkosti. Přívodní vzduch je pod tlakem přiváděn přívodními otvory v oknech. Odváděný vzduch je veden stoupacím potrubím až k vyústění nad střechou. Systém od firmy Elektrodesign, podrobný popis a schéma je vloženo v projektové dokumentaci v části D1.7.

Vytápění

Stávající vytápění elektrickými akumulacími kamny bude nahrazeno plynovým kotlem a otopnou soustavou. V každé místnosti jednotlivých bytů budou osazeny otopná tělesa (většinou pod okny). Stoupací potrubí bude napojeno jako souprouté.

6.2 TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ VARIANTY 1

Varianta 1 bude zhodnocena stejně jako stávající stav a v závěru bude srovnání variant.

6.2.1 Hodnocení konstrukce z hlediska součinitele prostupu tepla U

Systémová hranice zůstává jako u stávajícího stavu, přičemž přibylo obytné podkroví, které se skládá z bytové zóny a ze zóny komunikací. Teplota v zónách je také stejná, obytné prostory 21°C a komunikace 16°C.

Konstrukce na systémové hranici – Varianta 1

Konstrukce	Vrstvy	Tloušťka (mm)	
Obvodová stěna	Vnější omítka	20	620
	Isover EPS 70F	140	
	Plné pálené cihly	450	
	Vnitřní omítka	10	
Podlaha na zemině	Keramická dlažba	10	365
	Cementová malta	20	
	Perlitbeton	80	
	Isover EPS 100 F	180	
	Hydroizolace IPA	5	
	Podkladní beton	70	
Střecha	Trapézový plech	1	227
	PE folie	1	
	Isover ORSIK	200	
	Dřevěné podbití	25	
Stěna mezi zónami	Vnitřní omítka	10	470
	Plné pálené cihly	450	
	Vnitřní omítka	10	

Tab.7 Skladby konstrukcí - Varianta 1

Konstrukce	U (W/m ² K)	Požadované U (W/m ² K)	Doporučené U (W/m ² K)	Splněno
Obvodová stěna	0,231	0,3	0,25	ANO
Podlaha na zemině	0,192	0,45	0,3	ANO
Střecha	0,206	0,3	0,2	ANO
Výplně otvorů nové	1,2	1,5	1,2	ANO
Stěna mezi zónami	1,37	1,3	0,9	NE

Tab.8 Součinitele prostupu tepla konstrukcí - Varianta 1

Jak můžeme vidět v tabulce 8, zateplení konstrukcí a výměna oken zlepšili součinitele prostupu tepla U (W/m²K) na požadované hodnoty dle ČSN 730540-2. Jediná stěna mezi zónami, která nebyla nijak zateplena, nevyhovuje požadavkům normy.

6.2.2 Hodnocení z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}

Průměrný součinitel prostupu tepla je hodnotou, která charakterizuje tepelně technické vlastnosti všech stavebních konstrukcí budovy tvořících její obálku. To znamená všech částí budovy, které vnitřek budovy oddělují od exteriéru. Zahrnut je i vliv tepelných vazeb na systémové hranici, tato přírážka $\Delta U_{tb} [W/m^2K]$ obvykle podle normy ČSN 730540-4 nabývá hodnot 0,02 až 0,15 a více $[W/m^2K]$ podle řešení tepelných mostů. Tato přírážka zjednodušuje působení lineárních tepelných mostů.

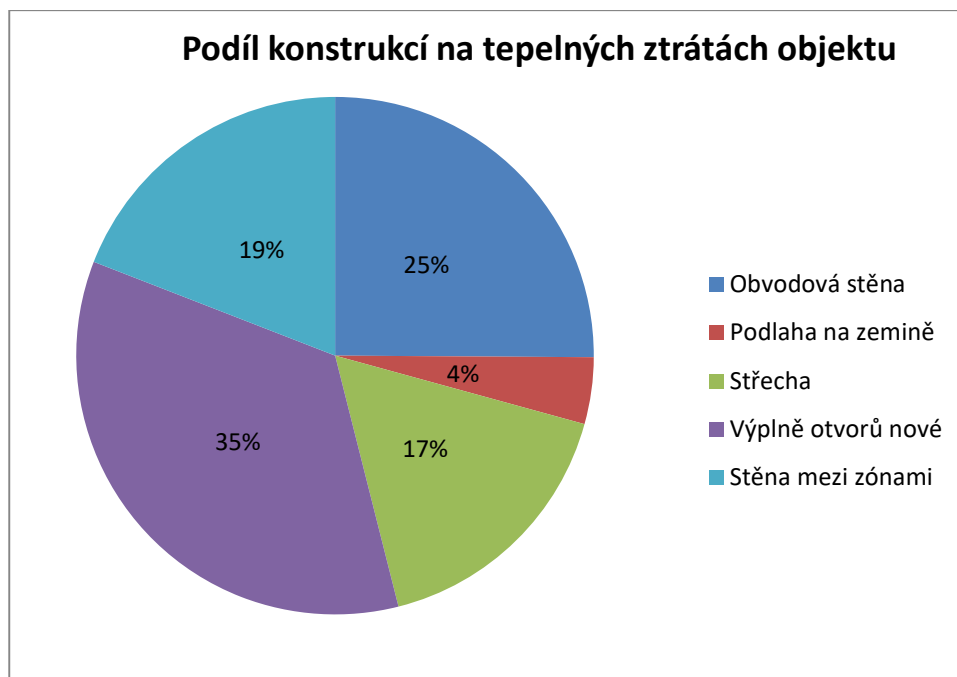
V tabulce 8 je vypočten průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} , dle předchozího postupu výpočtu v části 5.4.2. Tepelné mosty (lineární a bodové) jsou zohledněny přírážkou $\Delta U_{tb} = 0,05 W/m^2K$, budova s mírnými tepelnými vazbami, jelikož dům byl zateplen a tím se eliminovaly některé mosty.

HODNOCENÉ KONSTRUKCE	Plocha A (m ²)	Součinitel prostupu tepla U (W/m ² K)	Činitel teplotní redukce b (-)	Měrný tepelný tok H _t (W/K)
Obvodová stěna	590,4	0,231	1	136,4
Podlaha na zemině	422,2	0,192	0,28	22,7
Střecha	487,12	0,206	0,91	91,3
Výplně otvorů nové	157,8	1,2	1	189,4
Stěna mezi zónami	291,5	1,37	0,26	103,8
Součet	1949,02			544

ΔU_{tb}	0,05
Měrný tepelný tok prostupem H _t	641
Průměrný součinitel U_{em}	0,33

Tab.9 Výpočet U_{em} -Varianta 1

Graf 2 zobrazuje procentuální zastoupení tepelných ztrát jednotlivých konstrukcí na systémové hranici. Je patrné, že největší podíl tepelných ztrát na celkovém množství, mají výplně otvorů.



Graf 2 Podíl konstrukcí na tepelných ztrátách objektu - Varianta 1

Pro porovnání je v tabulce 10 vypočítán průměrný součinitel prostupu tepla referenční budovy $U_{em,N}$, kde součinitele prostupu tepla U jsou nahrazeny požadovanými součiniteli prostupu tepla $U_{N,20}$. Výpočet dle kapitoly 5.4.2

HODNOCENÉ KONSTRUKCE	Plocha A (m^2)	Součinitel prostupu tepla U (W/m^2K)	Činitel teplotní redukce b (-)	Měrný tepelný tok H_t (W/K)
Obvodová stěna	590,4	0,3	1	177,1
Podlaha na zemině	422,2	0,45	0,28	53,2
Střecha	487,12	0,3	0,91	133,0
Výplně otvorů nové	157,8	1,5	1	236,7
Stěna mezi zónami	291,5	1,3	0,26	98,5
Součet	1949,02			699

ΔU_{tb}	0,05
Měrný tepelný tok prostupem H_t	796
Průměrný součinitel U_{em}	0,41

Tab.10 Výpočet $U_{em,N}$ -Varianta 1

Závěr: Z tabulky 9 a 10 je zřejmé že $U_{em} < U_{em, N}$ po dosazení $0,33 < 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$, což vyhovuje požadavkům a obálka budovy je vyhovující z hlediska průměrného součinitele tepla.

6.2.3 Výpočet potřeby tepla na vytápění – Varianta 1

Potřeba tepla na vytápění pro variantu 1 byla vypočtena podle postupu v kapitole 5.4.3. Součet všech potřeb tepla na vytápění za jednotlivé měsíce je nakonec vydělen podlahovou plochou vytápěné zóny.

CELKOVÁ TEPELNÁ BILANCE								
	Ztráty			Zisky				
Měsíc	Q_t (kWh)	Q_v (kWh)	Q_i (kWh)	Q_{sol} (kWh)	Q_{int} (kWh)	Q_g (kWh)	η_g	Q_{nd} (kWh)
Leden	9758,5	1965,5	11724,0	381,50	1785,6	2167,10	0,999	9560,1
Únor	8417,1	1695,3	10112,4	610,92	1612,8	2223,72	0,997	7894,7
Březen	7648,6	1540,5	9189,1	949,07	1785,6	2734,67	0,992	6475,0
Duben	5189,8	1045,3	6235,1	1320,77	1728,0	3048,77	0,964	3296,9
Květen	3077,0	619,8	3696,8	1617,28	1785,6	3402,88	0,821	904,2
Červen	1829,2	368,4	2197,6	1564,95	1728,0	3292,95	0,610	188,4
Červenec	1011,0	203,6	1214,7	1565,18	1785,6	3350,78	0,357	17,5
Srpen	1274,8	256,8	1531,5	1515,23	1785,6	3300,83	0,450	47,5
Září	3105,4	625,5	3730,8	1072,21	1728,0	2800,21	0,886	1251,2
Říjen	5274,9	1062,4	6337,3	786,45	1785,6	2572,05	0,979	3818,2
Listopad	7316,8	1473,7	8790,5	404,66	1728,0	2132,66	0,996	6665,8
Prosinec	9275,0	1868,1	11143,1	266,83	1785,6	2052,43	0,999	9093,7
Celkem	63178,1	12724,9	75903,0	12055,0	21024,0	33079,04		49213,1
							kWh/m ²	77,2

Tab.11 Výpočet potřeby tepla na vytápění – Varianta 1

Závěr: Potřeba tepla na vytápění pro variantu 1 je $77,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Tento výsledek je o poznání nižší než u stávajícího stavu, ovšem stále nedosahuje potřeb nízkoenergetického domu (50 kWh/m^2).

6.2.4 Neobnovitelná primární energie – Varianta 1

Výpočet neobnovitelné primární energie je dle kapitoly 5.4.4. Oproti stávajícímu stavu byl v této variantě zabudován plynový kotel pro ohřev otopné vody. Tím klesla spotřeba elektrické energie, oproti stávajícímu stavu, kde pro vytápění objektu sloužili elektrická akumulční kamna. Faktor energetické přeměny pro zemní plyn je 1,1.

Energonositel	Dílčí vypočtená spotřeba energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
	kWh/rok	-	-	kWh/rok	kWh/rok
Elektřina ze sítě	37596	3,2	3	120307	112788
Zemní plyn	99704	1,1	1,1	109674	112788
Celkem				229982	225576

Plocha	999,4 m ²
Neobnovitelná primární energie	225,7 kWh/m ² a

Tab.12 Výpočet neobnovitelné primární energie - Varianta 1

Závěr: Oproti stávajícímu stavu se ve variantě 1 snížila neobnovitelná primární energie na hodnotu 225,7 kWh/m²a. Tato změna je díky použití plynového kotle a snížení potřeby tepla na vytápění.

7. REKONSTRUKCE OBJEKTU – VARIANTA 2

V další variantě číslo 2 projde objekt podobnými změnami jako ve variantě 1, avšak bude užito lepších materiálů pro zateplení konstrukcí a současně větších tloušťek. Další změnou bude větší zásah do střešní konstrukce, kdy budou vytvořeny 4 vikýře, které zajistí zvětšení obytných prostor podkroví. Všechny výplně otvorů budou nahrazeny novými. Stávající nevyhovující systém bude nahrazen vzduchotechnickými jednotkami s rekuperací umístěnými v každém bytě. Stejně jako ve variantě 1 bude pro ohřev otopné vody využit plynový kotel. Na střešní konstrukci přilehlých kůlen budou v rámci využití obnovitelných zdrojů instalovány fotovoltaické panely. Podrobněji jsou tyto body rozebrány v projektové dokumentaci.

7.1 ZMĚNY V REKONSTRUKCI

Dispozice bytů

Dispozice bytů je stejná jako v první variantě, zruší se původní zádveří a vytvoří se nové v hmotě objektu. Jinak tato varianta nenese žádné jiné změny v dispozicích oproti variantě 1.

Obytné podkroví

Stávající nevyužívané podkroví bude konstrukčně vyřešeno, tak aby bylo možné zde vybudovat další byty k pronájmu. Neúnosný strop bude doplněn ocelovými nosníky, které ponesou novou skladbu podlahy, příčky a podhled prvního patra. Podrobný popis a výpočet je v projektové dokumentaci. Do šikmé střechy budou vytvořeny 4 vikýře, pro lepší proslunění a zvětšení obytných prostor podkrovních bytů. V každém vikýři bude osazeno okno a ve střešním plášti další střešní okna od firmy Velux.

Zabudování výtahu

Zabudování výtahu stejné jako v předešlé variantě.

Zateplení objektu

Obvodové zdivo bude zatepleno minerální (čedičovou) vlnou Isover TF Profi ($\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$) tloušťky 200 mm, jejíž výhodou je paropropustnost, která omezuje srážení páry v obvodovém zdivu a zároveň je vhodná se svojí nehořlavostí z protipožárního hlediska. Tato izolace má výborné akustické vlastnosti (zvukovou pohltivost), což v případě tohoto objektu, kde z jedné strany vede hlavní silnice, je vhodné použití. Před aplikací izolace bude původní omítka otlučena a povrch bude srovnán. Tepelná izolace bude přetažena přes rámy oken z důvodu minimalizace tepelných mostů. Izolace bude lepena a mechanicky kotvena ke zdivu.

Sokl bude zateplen pomocí Styrodur 3000 CS ($\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$) v tloušťce 150 mm.

Střešní nadkrokevní izolace bude tvořena z minerální (čedičové) vlny Isover TF Profi ($\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$) ve dvou vrstvách 180 mm a 100 mm přikotvené pomocnými krokvemi a kovovými držáky.

Obvodové zdivo ve třetím podlaží bude zatepleno i z interiérové strany do dřevěného roštu stejným druhem izolace jako z exteriéru v tloušťce 100 mm přičemž dojde ke srovnání vnitřního povrchu stěny a zakrytí pozednice.

Tepelnou izolaci v podlaze bytové části tvoří Isover EPS GreyWall ($\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$) ve dvou vrstvách 120 mm a 100 mm a v zóně komunikace 80 mm a 80 mm.

Na stávající stropní konstrukci druhého podlaží, zbavené omítky (z důvodu únosnosti), budou položeny desky Isover EPS GreyWall tloušťky 50 mm, za účelem akustické ochrany.

Protipožární ochrana

Odhalená střešní konstrukce v podkroví bude ošetřena intumescentním (zpěňovatelným) nátěrem např. FLAMGARD. Podhledy jednotlivých podlaží a příčky v podkroví budou tvořeny sádkartonovými deskami např. KNAUF.

Výměna původních oken

Původní okna budou vyměněna za nová plastová s izolačními trojskly ($U_w = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$) a bude upravena velikost otvorů. Budou vybourány nové otvory pro další okna z důvodu lepšího proslunění a prosvětlení bytů. Výplň otvorů z luxferů v prostoru schodiště bude

nahrazena prosklenou fasádou ze skleněných panelů Schuco, které budou v 1.NP doplněny automatickými posuvnými dveřmi. Podkrovní prostory budou prosvětleny okny ve vikýřích a střešními okny od firmy Velux.

Nová okna:

- 1200 x 1940 mm - 20 ks
- 900 x 1040 mm - 8 ks
- 2200 x 1940 mm - 14 ks
- 1200 x 1900 mm - 4 ks
- 900 x 1000 mm - 2 ks
- 1200 x 1500 mm - 4 ks
- střešní okno 800 x 1200 mm - 9 ks

Větrání

V důsledku zateplení konstrukcí a výměně oken je nutné zajistit dostatečné větrání bytů, aby nedocházelo k tvorbě plísní a špatnému vnitřnímu prostředí.

Pro variantu 2 byly vybrány decentrální vzduchotechnické jednotky s rekuperací umístěné v každé bytové jednotce v podhledu na WC nebo v předsíni. Znečištěný vzduch bude odváděn z WC, koupelny a kuchyně stoupacím potrubím nad střešní konstrukci. Tyto stoupací potrubí budou umístěny za předstěnou a v technických místnostech jednotlivých bytů. Čerstvý venkovní vzduch bude nasáván ze stěny objektu, vždy ze dvou stran (severovýchodní a severozápadní) a v bytě přiváděn do obývacího pokoje, ložnice a pokoje. Ležaté rozvody vzduchu budou vedeny v podhledech. Množství přiváděného a odváděného vzduchu bude řízeno pomocí čidel CO₂. Pro WC a koupelny budou instalovány vypínače s časovým doběhem. Jedná se o systém rovnotlakého větrání. Další podrobnosti o systému a výkresy jsou obsaženy v projektové dokumentaci, část D1.7 - Vzduchotechnika.

Vytápění

Stávající vytápění elektrickými akumulacími kamny bude nahrazeno plynovým kotlem a otopnou soustavou. V každé místnosti jednotlivých bytů budou osazeny otopná tělesa (většinou pod okny). Stoupací potrubí bude napojeno jako souproudé. Více podrobností v projektové dokumentaci v části D1.6 - Vytápění.

Fotovoltaické panely

Zdrojem obnovitelné energie budou nově osazené fotovoltaické panely na střešní konstrukci kůlen. Tyto panely budou ze sluneční energie vyrábět elektrickou energii využívanou přímo v objektu, akumulovanou do baterií a následně využívanou nebo v případě přebytku dodávanou do sítě. Popis a schéma zapojení v projektové dokumentaci.

7.2 TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ VARIANTY 2

Varianta 2 bude zhodnocena stejně jako stávající stav a v závěru bude srovnání variant.

7.2.1 Hodnocení konstrukce z hlediska součinitele prostupu tepla U

Systémová hranice zůstává jako u varianty 1. Teplota v zónách je také stejná, obytné prostory 21°C a komunikace 16°C.

Konstrukce na systémové hranici - Varianta 2

Konstrukce	Vrstvy	Tloušťka (mm)
Obvodová stěna	Vnější omítka	5
	Isover TF Profi	200
	Plné pálené cihly	450
	Vnitřní omítka	10
Podlaha na zemině	Keramická dlažba	10
	Stěrkové lepidlo	5
	Betonová vrstva	80
	PE folie	1
	Isover EPS GreyWall	220
	2x asfaltový pás	10
	Podkladní beton	70
Střecha	Trapézový plech	1
	PE folie	1
	Isover TF Profi	280
	Dřevěné podbití	25
Stěna mezi zónami	Vnitřní omítka	10
	Plné pálené cihly	450
	Vnitřní omítka	10

Tab.13 Skladby konstrukcí - Varianta 2

Konstrukce	U (W/m ² K)	Požadované U (W/m ² K)	Doporučené U (W/m ² K)	Splněno
Obvodová stěna	0,167	0,3	0,25	ANO
Podlaha na zemině	0,143	0,45	0,3	ANO
Střecha	0,171	0,3	0,2	ANO
Výplně otvorů nové	0,7	1,5	1,2	ANO
Stěna mezi zónami	1,37	1,3	0,9	NE

Tab.14 Součinitele prostupu tepla konstrukcí - Varianta 2

Jak můžeme vidět v tabulce 14, zateplení konstrukcí a výměna oken zlepšili součinitele prostupu tepla U (W/m²K) až na hodnoty pasivního domu. Jediná stěna mezi zónami, která nebyla nijak zateplena, nevyhovuje požadavkům normy ČSN 730540-2.

7.2.2 Hodnocení z hlediska průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}

Průměrný součinitel prostupu tepla je hodnotou, která charakterizuje tepelně technické vlastnosti všech stavebních konstrukcí budovy tvořících její obálku. To znamená všech částí budovy, které vnitřek budovy oddělují od exteriéru. Zahrnut je i vliv tepelných vazeb na systémové hranici, tato přírážka ΔU_{tb} [W/m²K] obvykle podle normy ČSN 730540-4 nabývá hodnot 0,02 až 0,15 a více [W/m²K] podle řešení tepelných mostů. Tato přírážka zjednodušuje působení lineárních tepelných mostů.

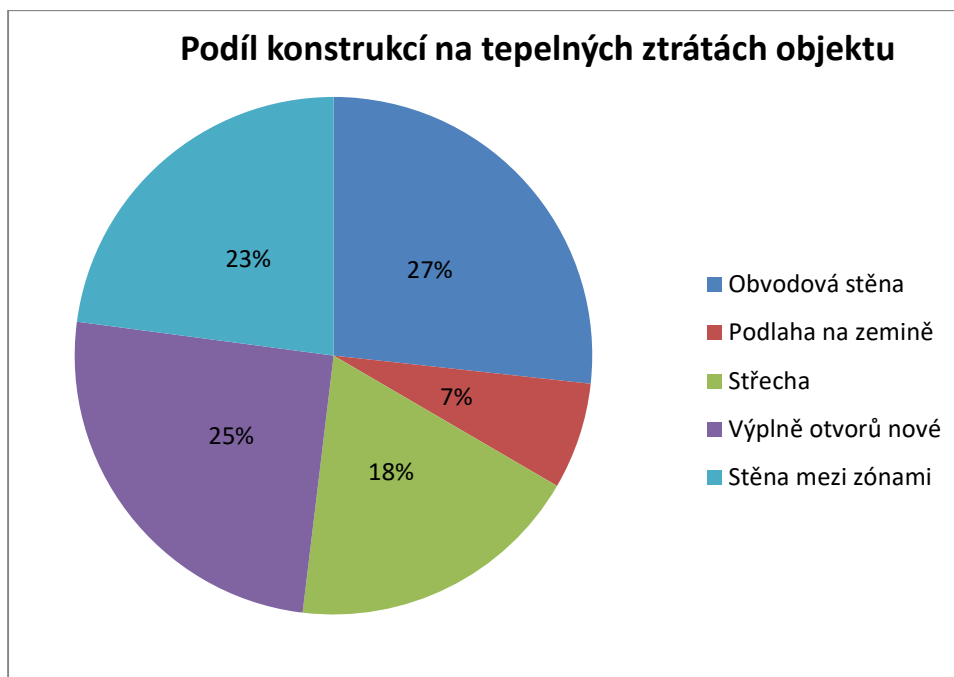
V tabulce 8 je vypočten průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} , dle předchozího postupu výpočtu v části 5.4.2. Tepelné mosty (lineární a bodové) jsou zohledněny přírážkou $\Delta U_{tb} = 0,02$ W/m²K, budova s mírnými tepelnými vazbami, jelikož dům byl zateplen a tím se eliminovaly některé mosty.

HODNOCENÉ KONSTRUKCE	Plocha A (m ²)	Součinitel prostupu tepla U (W/m ² K)	Činitel teplotní redukce b (-)	Měrný tepelný tok H _t (W/K)
Obvodová stěna	725,6	0,167	1	121,2
Podlaha na zemině	422,2	0,143	0,5	30,2
Střecha	490,5	0,171	1	83,9
Výplně otvorů nové	163,1	0,7	1	114,2
Stěna mezi zónami	291,5	1,37	0,26	103,8
Součet	2092,9			453

ΔU_{tb}	0,02
Měrný tepelný tok prostupem H _t	495
Průměrný součinitel U_{em}	0,24

Tab.15 Výpočet U_{em} -Varianta 2

Graf 3 zobrazuje procentuální zastoupení tepelných ztrát jednotlivých konstrukcí na systémové hranici. Je patrné, že největší podíl tepelných ztrát na celkovém množství, má obvodová stěna.



Graf 3 Podíl konstrukcí na tepelných ztrátách objektu - Varianta 2

Pro porovnání je v tabulce 10 vypočítán průměrný součinitel prostupu tepla referenční budovy $U_{em,N}$, kde součinitele prostupu tepla U jsou nahrazeny požadovanými součiniteli prostupu tepla $U_{N,20}$. Výpočet dle kapitoly 5.4.2

HODNOCENÉ KONSTRUKCE	Plocha A (m ²)	Součinitel prostupu tepla U (W/m ² K)	Činitel teplotní redukce b (-)	Měrný tepelný tok H _t (W/K)
Obvodová stěna	725,6	0,3	1	217,7
Podlaha na zemině	422,2	0,45	0,28	53,2
Střecha	490,5	0,3	0,91	133,9
Výplně otvorů původní	163,1	1,5	1	244,7
Stěna mezi zónami	291,5	1,3	0,26	98,5
Součet	2092,9			748

ΔU_{tb}	0,02
Měrný tepelný tok prostupem H _t	790
Průměrný součinitel U_{em}	0,38

Tab.16 Výpočet $U_{em,N}$ -Varianta 2

Závěr: Z tabulky 15 a 16 je zřejmé že $U_{em} < U_{em, N}$ po dosazení $0,24 < 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$, což vyhovuje požadavkům a obálka budovy je vyhovující z hlediska průměrného součinitele tepla.

7.2.3 Výpočet potřeby tepla na vytápění – Varianta 2

Potřeba tepla na vytápění pro variantu 2 byla vypočtena podle postupu v kapitole 5.4.3. Součet všech potřeb tepla na vytápění za jednotlivé měsíce je nakonec vydělen podlahovou plochou vytápěné zóny.

CELKOVÁ TEPELNÁ BILANCE								
	Ztráty			Zisky				
Měsíc	Q_t (kWh)	Q_v (kWh)	Q_i (kWh)	Q_{sol} (kWh)	Q_{int} (kWh)	Q_g (kWh)	ng	Q_{nd} (kWh)
Leden	3630,9	1965,5	5596,4	381,50	1785,6	2167,10	0,999	3431,5
Únor	3131,8	1695,3	4827,1	610,92	1612,8	2223,72	0,997	2609,8
Březen	2845,8	1540,5	4386,4	949,07	1785,6	2734,67	0,984	1695,2
Duben	1931,0	1045,3	2976,3	1320,77	1728,0	3048,77	0,860	353,5
Květen	1144,9	619,8	1764,6	1617,28	1785,6	3402,88	0,516	10,1
Červen	680,6	368,4	1049,0	1564,95	1728,0	3292,95	0,318	0,3
Červenec	376,2	203,6	579,8	1565,18	1785,6	3350,78	0,173	0,0
Srpen	474,3	256,8	731,1	1515,23	1785,6	3300,83	0,221	0,0
Září	1155,4	625,5	1780,9	1072,21	1728,0	2800,21	0,625	31,5
Říjen	1962,6	1062,4	3025,1	786,45	1785,6	2572,05	0,930	633,0
Listopad	2722,4	1473,7	4196,1	404,66	1728,0	2132,66	0,995	2074,4
Prosinec	3451,0	1868,1	5319,1	266,83	1785,6	2052,43	0,999	3268,7
Celkem	23506,9	12724,9	36231,9	12055,0	21024,0	33079,04		14108,1
kWh/m ²								22,1

Tab.17 Výpočet potřeby tepla na vytápění - Varianta 2

Závěr: Potřeba tepla na vytápění pro variantu 2 je 22,1 kWh/m²a. Tato hodnota je v porovnání se stávajícím stavem a variantou 1 nejnižší. Výsledná potřeba tepla na vytápění je pod hodnotou pro nízkoenergetický dům (50 kWh/m²a) a blíží se k hranici pro pasivní dům (15 kWh/m²a).

7.2.4 Neobnovitelná primární energie – Varianta 2

Výpočet neobnovitelné primární energie je dle kapitoly 5.4.4. Oproti stávajícímu stavu byl v této variantě zabudován plynový kotel pro ohřev otopné vody. Tím klesla spotřeba elektrické energie, oproti stávajícímu stavu, kde pro vytápění objektu sloužili elektrická akumulční kamna. Faktor energetické přeměny pro zemní plyn je 1,1.

Energonositel	Dílčí vypočtená spotřeba energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
	kWh/rok	-	-	kWh/rok	kWh/rok
Elektřina ze sítě	36485	3,2	3	116752	109455
Zemní plyn	25380	1,1	1,1	27918	27918
El. Ze slunce	4830	1	0	4830	0
Celkem					137373

Plocha	999,4	m ²
Neobnovitelná primární energie	137,5	kWh/m ² a

Tab.18 Výpočet neobnovitelné primární energie - Varianta 2

Závěr: Neobnovitelná primární energie varianty 2 je 137,5 kWh/m²a. Oproti stávajícímu stavu a variantě 1, se snížila díky nižší potřebě tepla na vytápění a použití obnovitelného zdroje energie. Sluneční energie má faktor neobnovitelné primární energie 0.

8. TEPELNĚ - TECHNICKÉ VYHODNOCENÍ OBJEKTU

Následující analýza se skládá z vyhodnocení stávajícího stavu a dvou variant rekonstrukcí. Výsledky jsou porovnány a vyhodnoceny.

Hodnotící parametry pro bytové a rodinné domy s velmi nízkou energetickou náročností jsou uvedeny v následujících tabulkách 19 a 20 z TNI 73 0330.

Číslo požadavku	Jev, veličina	Označení	Jednotka	Požadavek	Způsob prokázání	Poznámka
Prostup tepla						
1a	Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici	U	W/(m ² K)	Splnění požadavku na doporučené hodnoty podle ČSN 730540-2, pokud není výjimečně a zdůvodněně jinak.	Výpočet v souladu s ČSN 73 0540-4	Podle konkrétních podmínek se doporučuje splnění hodnot na úrovni 2/3 až 3/4 hodnot doporučených normou ČSN 73 0540-2 (2007).
1b	Průměrný součinitel prostupu tepla	U_{em}	W/(m ² K)	$U_{em} \leq 0,30$ pro energeticky pasivní bytové domy $U_{em} \leq 0,35$ pro nízkoenergetické bytové domy	Výpočet v souladu s ČSN 73 0540-2	Podle konkrétních podmínek se pro energeticky pasivní bytové domy doporučuje: $U_{em} \leq 0,20 - 0,25$
Kvalita vzduchu a tepelná ztráta výměnou vzduchu						
2	Přívod čerstvého vzduchu do všech pobytových místností	--	--	Zajištěn.	Kontrola projektové dokumentace, slovní hodnocení.	
3	Účinnost zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu	η	%	$\eta \geq 70$	Podle ověřených podkladů výrobce technického zařízení (rekuperátoru)	V energetických bilančních výpočtech se užije hodnota snížená o 10 procentních bodů.
4	Neprůvzdušnost obálky budovy A. ve fázi přípravy stavby	n_{50}	[1/h]	$n_{50} = 0,6$ pro energeticky pasivní bytový dům $n_{50} = 1,5$ pro nízkoenergetický bytový dům.	Kontrola projektové dokumentace, zejména úplné celistvosti vzduchotěsního systému.	Projektový předpoklad
	B1: po dokončení stavby	n_{50}	[1/h]	$n_{50} \leq 0,6$ pro energeticky pasivní bytový dům $n_{50} = 1,5$ pro nízkoenergetický bytový dům	Měření metodou tlakového spádu a výpočet n_{50} v souladu s ČSN EN 13829, metoda B.	Podrobněji v příloze A této TNI.
Zajištění pohody prostředí v letním období						
5	Nejvyšší teplota vzduchu v pobytové místnosti	$\theta_{s,max}$	°C	≤ 27	Výpočet podle ČSN 73 0540-4.	Strojní chlazení se nepředpokládá.

Tab.19 Parametry pro hodnocení bytových domů s velmi nízkou energetickou náročností, část 1,

převzato z [15]

Potřeba tepla na vytápění						
6	Měrná potřeba tepla na vytápění	E_A	kWh/(m ² a)	≤ 15 pro energeticky pasivní bytový dům ≤ 50 pro nízkoenergetický dům	Výpočet podle ČSN EN ISO 13790 a dalších norem.	
Potřeba primární energie						
7	Potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů na vytápění, přípravu teplé vody a technické systémy budovy	PE_A	kWh/(m ² a)	≤ 60 pro energeticky pasivní bytový dům	Výpočet podle 9.6	Pro nízkoenergetický bytový dům se nehodnotí

Tab.20 Parametry pro hodnocení bytových domů s velmi nízkou energetickou náročností, část 2,
převzato z [15]

Práce obsahuje hodnocení dle následujících parametrů:

- Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí U (W/m²K)
- Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy U_{em} (W/m²K)
- Přívod čerstvého vzduchu do všech pobytových místností
- Účinnost zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu η (-)
- Potřeba tepla na vytápění E_A (kWh/m²a)
- Neobnovitelná primární energie PE_A (kWh/m²a)

8.1 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA JEDNOTLIVÝCH KONSTRUKCÍ U (W/m²K)

Výsledné hodnoty součinitelů prostupu tepla jsou shrnuty v tabulce 21. Z hodnot je zřejmé, že ne všechny konstrukce splňují požadavek na doporučené hodnoty. Nejlepších součinitelů je dosaženo ve variantě 2, kde nesplňuje požadavky na součinitele prostupu tepla, podobně jako ve stávajícím stavu a variantě 1, zdivo mezi zónami. V případě zateplení této konstrukce v zóně společných prostor, by stávající schodiště nevyhovělo na minimální průchozí šířku 1200 mm, jelikož této hodnoty dosahuje již nyní. Toto opatření by vyžadovalo větší stavební zásah do konstrukce.

Kvůli tomu nelze žádnou variantu považovat za dům s velmi nízkou energetickou náročností, ovšem jak je uvedeno v tabulce 19, lze dle konkrétních podmínek splnit pouze

2/3 až 3/4 hodnot. Proto lze variantu 2 z tohoto hlediska označit jako dům s velmi nízkou energetickou náročností.

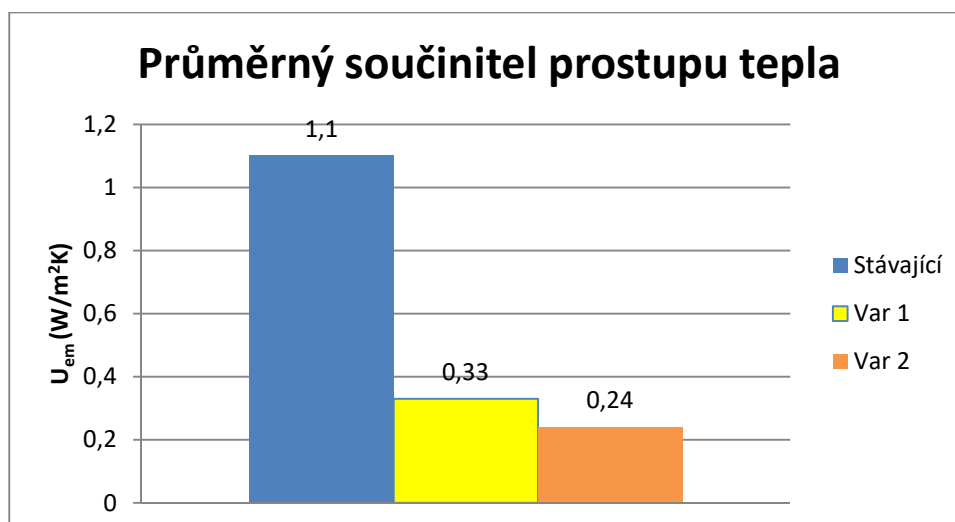
KONSTRUKCE	U (W/m ² K)			
	stávající	VAR 1	VAR 2	doporučené
Obvodová konstrukce	1,17	0,231	0,167	0,25
Podlaha na zemině	1,1	0,192	0,143	0,3
Střecha	x	0,206	0,171	0,2
Stěna mezi zónami	1,37	1,37	1,37	0,9
Okna původní	2,8	x	x	1,2
Okna s dvojsklem	x	1,5	x	1,2
Okna s trojsklem	x	x	0,7	1,2
Prosklená část schodiště	2,8	0,8	0,8	1,2
Strop pod nevyt. prostorem	1,3	x	x	0,2

Tab.21 Součinitelé prostupu tepla jednotlivých variant - vyhodnocení

8.2 PRŮMĚRNÝ SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA U_{em} (W/m²K)

Graf 4 zobrazuje hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla jednotlivých variant. Pro pasivní dům by měla být hodnota U_{em} menší než 0,3 W/m²K a pro nízkoenergetický dům menší než 0,35 W/m²K.

Z tohoto hlediska lze variantu 1 klasifikovat jako nízkoenergetický dům a variantu 2 jako pasivní dům.



Graf 4 Průměrný součinitel prostupu tepla jednotlivých variant - vyhodnocení

8.3 PŘÍVOD ČERSTVÉHO VZDUCHU

Následující tabulka 22 zobrazuje, že ve všech variantách je zajištěn přívod čerstvého vzduchu do pobytových místností. Díky tomuto výsledku, by měly být všechny varianty bytového domu s velmi nízkou energetickou náročností.

	Přívod čerstvého vzduchu do pobytových místností
Stávající	ANO
Var 1	ANO
Var 2	ANO

Tab.22 Přívod čerstvého vzduchu do všech pobytových místností - vyhodnocení

8.4 ÚČINNOST ZPĚTNÉHO ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA Z ODVÁDĚNÉHO VZDUCHU

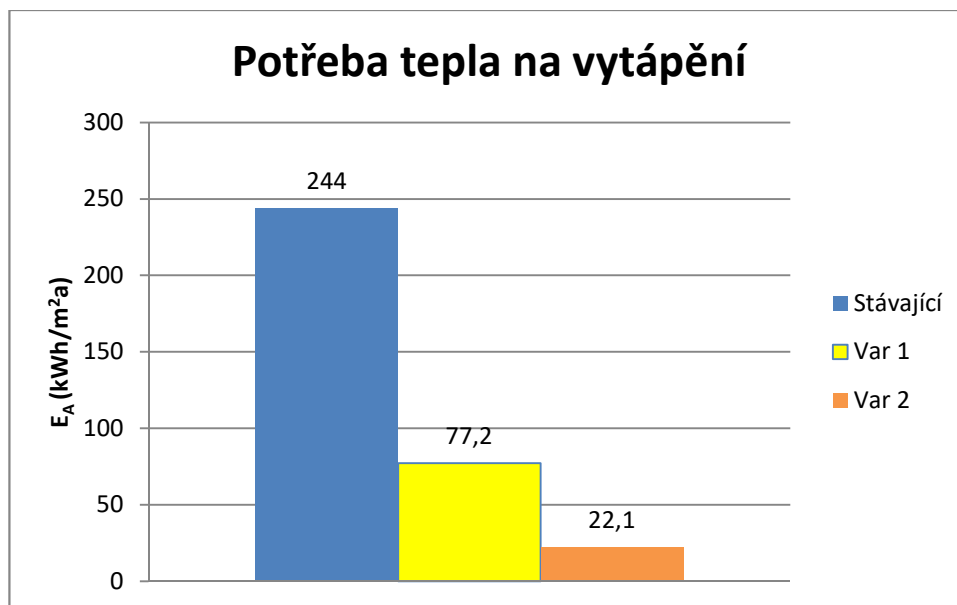
Větrání se zpětným získáváním tepla je použito pouze u varianty 2, u zbylých dvou variant neobsahuje větrání tento prvek. Účinnost rekuperátoru by měla být větší než 70%, což varianta 2 splňuje.

	η (-)
Stávající	x
Var 1	x
Var 2	75%

Tab.23 Účinnost zpětného získávání tepla - vyhodnocení

8.5 POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ E_A (kWh/m²a)

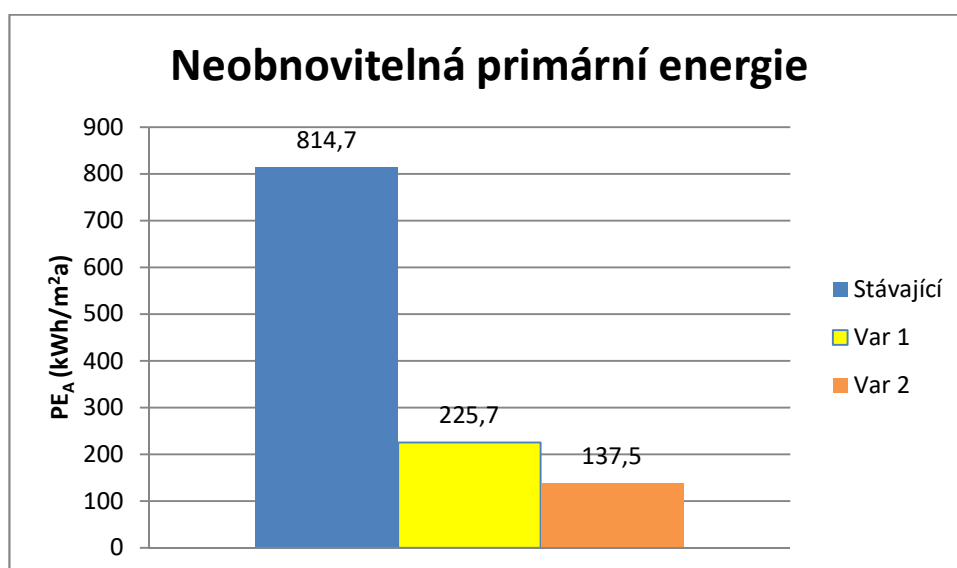
Potřeba tepla na vytápění se pohybuje v hodnotách pro pasivní domy méně než 15 kWh/m²a a pro nízkoenergetické domy méně 50 kWh/m²a. Tyto hodnoty hodně ovlivňuje kvalita a provedení tepelně izolační obálky a systém větrání. Na grafu 5 je viditelné, že jediná varianta 2 splňuje hodnoty pro nízkoenergetický dům. U varianty 2 se pohybuje potřeba tepla na vytápění okolo 22 kWh/m²a.



Graf 5 Potřeba tepla na vytápění jednotlivých variant – vyhodnocení

8.6 NEOBNOVITELNÁ PRIMÁRNÍ ENERGIE PE_A (kWh/m²a)

Potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů na vytápění, ohřev TUV a technické systémy budovy se hodnotí pouze pro pasivní domy, kde se tato hodnota pohybuje maximálně do 60 kWh/m²a. Pro nízkoenergetické domy není stanovena žádná hraniční hodnota. Z grafu 6 vyplývá, že žádná z variant nesplňuje hodnoty pro pasivní dům.



Graf 6 Potřeba neobnovitelné primární energie jednotlivých variant – vyhodnocení

8.7 SHRUTÍ PŘEDEŠLÉHO VYHODNOCENÍ

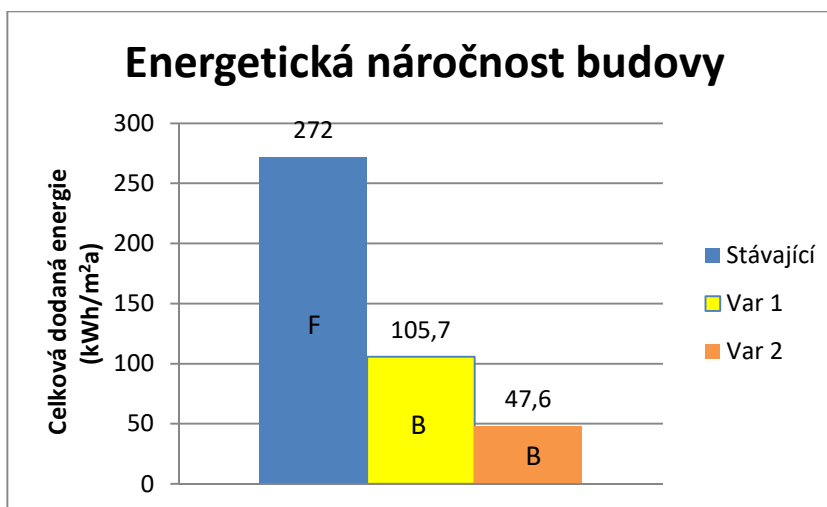
Dle hodnocených parametrů je varianta 2 označitelná jako dům s velmi nízkou energetickou náročností (nízkoenergetický dům). Varianta 2 splňuje všechny výše uvedené hodnocené parametry.

- Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí U ($\text{W/m}^2\text{K}$) - **splněno**
- Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy U_{em} ($\text{W/m}^2\text{K}$) - **splněno**
- Přívod čerstvého vzduchu do všech pobytových místností - **splněno**
- Účinnost zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu η (-) - **splněno**
- Potřeba tepla na vytápění E_A ($\text{kWh/m}^2\text{a}$) - **splněno**
- Neobnovitelná primární energie PE_A ($\text{kWh/m}^2\text{a}$) - **nehodnotí se**

8.8 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Tento průkaz hodnotí energie potřebné pro vytápění, větrání, ochlazování, ohřev teplé vody a svícení. Výsledky jednotlivých hodnocení jsou řazeny do tříd a tím je zjištěna hospodárnost stavby. Díky srovnání do tříd je možné jednotlivé budovy objektivně srovnávat. Dle zákona č.406/2000 o hospodaření energie je pro větší rekonstrukci nutné vytvořit tento průkaz.

Pro všechny varianty rekonstrukce řešeného objektu byly vytvořeny průkazy. Graf 7 zobrazuje srovnání tříd jednotlivých variant rekonstrukce a stávajícího stavu.



Graf 7 Třídy energetické náročnosti jednotlivých variant

Stávající stav s hodnotou 272 kWh/m²a celkové dodané energie je zařazen do třídy F - velmi ne hospodárná. Jedná se o nezateplenou budovu s tepelnými mosty. Varianta 1 a 2 spadají do třídy B - velmi úsporná, ovšem jednotlivé hodnoty se výrazně liší. Varianta 1 má hodnotu 105,7 kWh/m²a a varianta 2 47,6 kWh/m²a. Odlišnost je dána použitím různých druhů zateplovacích materiálů a jejich tloušťek, varianta 1 byla zateplena na hodnoty doporučené a u varianty 2 byly použity materiály s nižším součinitelem prostupu tepla.

9. ENVIRONMENTÁLNÍ HODNOCENÍ BUDOVY

Environmentální kritéria hodnotící spotřebu energie neposuzují pouze dopad stavby z hlediska spotřeby provozní energie, ale i spotřebu energií při výrobě použitých stavebních materiálů a prvků, ze kterých je budova postavena. Tato energie se nazývá svázaná spotřeba energie. Posouzení vlivu na životní prostředí se řídí dle následujících kritérií:

- PEI - spotřeba primární energie
- GWP - potenciál globálního oteplování
- AP - potenciál okyselování prostředí
- EP - potenciál eutrofizace prostředí
- ODP - potenciál ničení ozonové vrstvy
- POCP - potenciál tvorby přízemního ozonu

Pro environmentální hodnocení budovy z hlediska dopadu fáze výstavby, byl použit internetový katalog fyzikálních a environmentálních profilů stavebních materiálů a konstrukcí pro novostavby a rekonstrukce - Envimat.

Dle vypočtených spotřeb energie, které byly přepočítány podle emisních faktorů a faktorů energetické přeměny, byla hodnocena fáze provozu.

Tato práce obsahuje hodnocení stávajícího stavu objektu a navržené varianty 2.

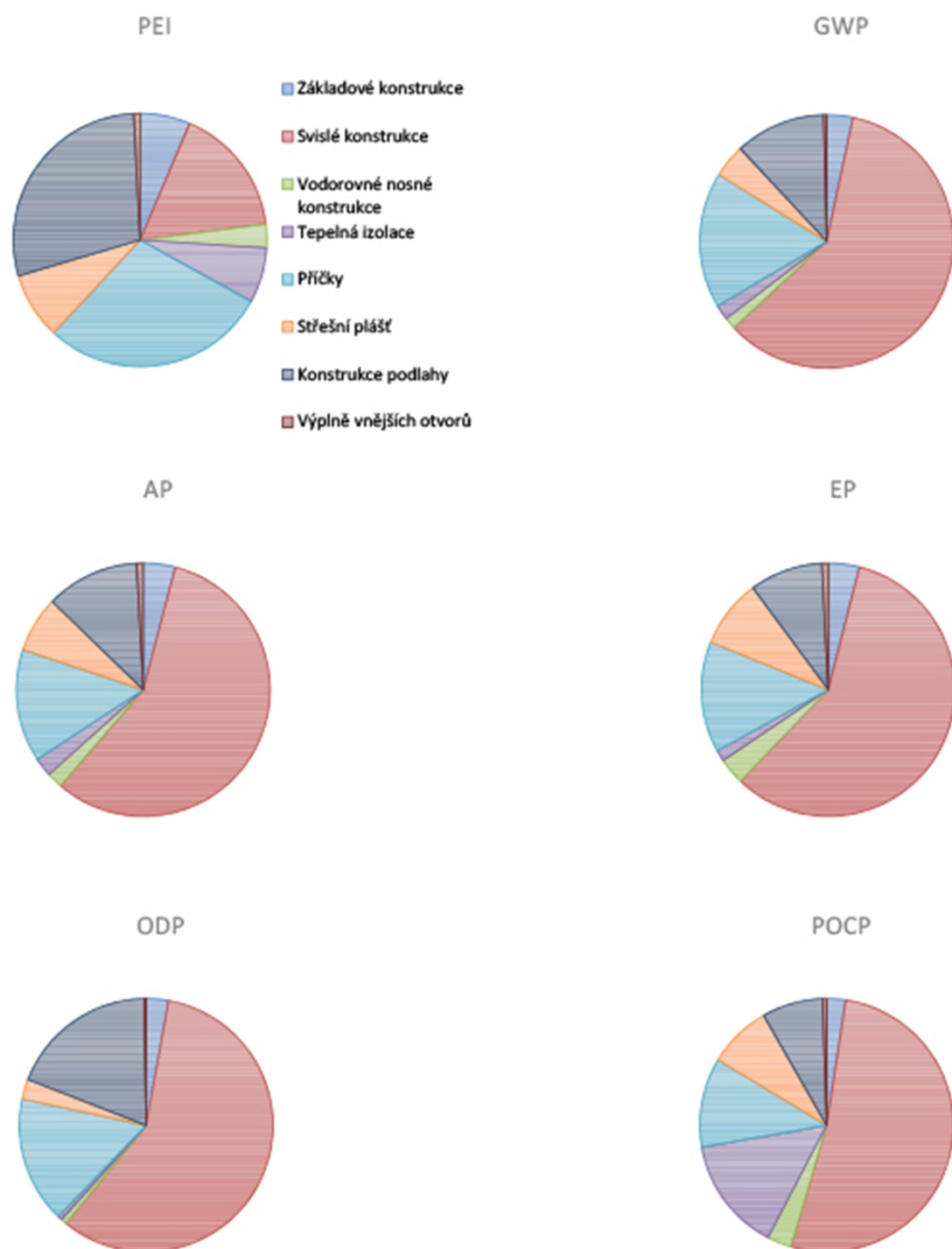
Fáze výstavby je rozdělena do následujících skupin:

- Základové konstrukce
- Svislé konstrukce
- Vodorovné nosné konstrukce
- Tepelná izolace
- Příčky
- Střešní plášť
- Konstrukce podlahy
- Výplně vnějších otvorů

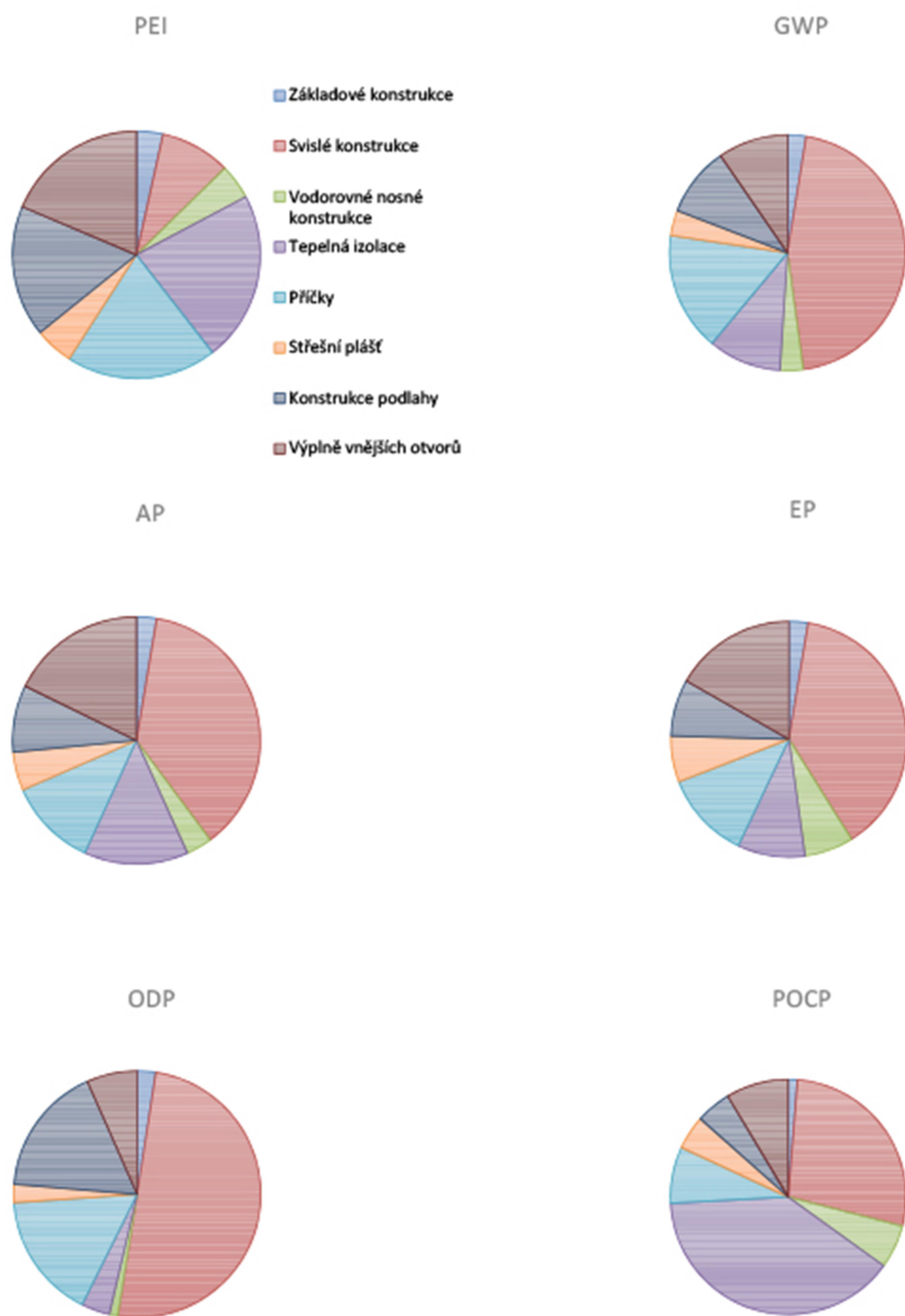
Uvedené skupiny byly hodnoceny zvlášť a z výsledných grafů je zřejmé, které konstrukce mají největší vliv na výše uvedené kritéria.

Ve stávajícím stavu nejvíce zatěžují životní prostředí svislé nosné konstrukce, v kategorii spotřeba primární energie převládá skupina příčky.

Ve variantě 2 došlo k zateplení obálky budovy, tím se zvýšilo kritérium POCP (potenciál tvorby přízemního ozónu) a PEI (spotřeba primární energie) u tepelné izolace. Svislé konstrukce mají nejvyšší hodnoty v ostatních kategoriích dopadu.



Graf 8 Kategorie dopadu - stávající stav



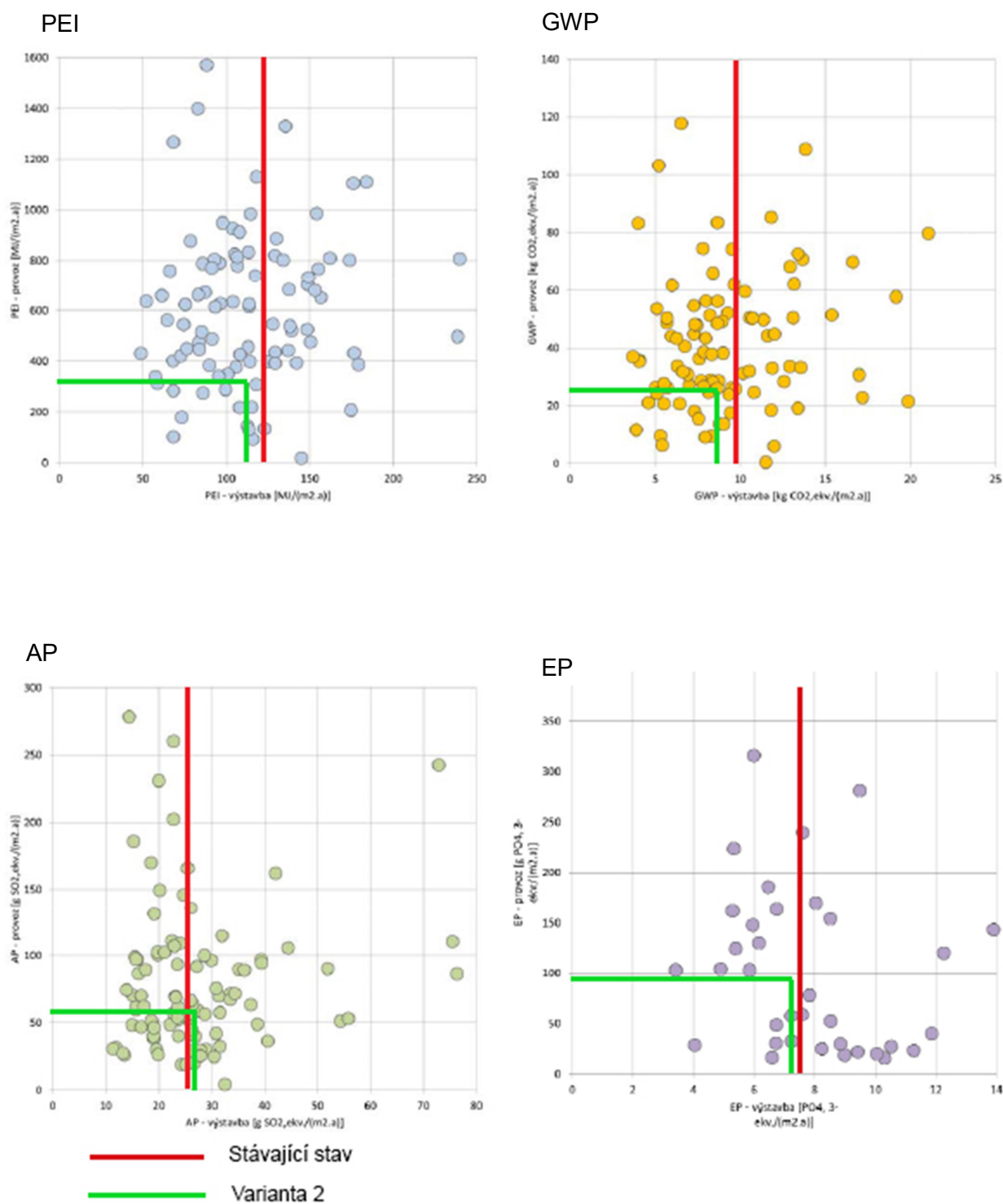
Graf 9 Kategorie dopadu - Varianta 2

Fáze provozu u stávajícího stavu a varianty 2 se liší spotřebou energie a energonositeli. Varianta 2 obsahuje navíc energii z fotovoltaických panelů a zabudovaný plynový kotel na vytápění. Podrobnější výpočet je v příloze č.1.

Do grafů č.10 převzatých ze školních stránek předmětu Integrované navrhování budov, jsou zakresleny výsledky kritérií dopadů na životní prostředí ve fázi výstavby (vodorovná osa) a fázi provozu (svislá osa)

Závěr: V následujících grafech jsou zakresleny výsledky řešeného objektu. Je zřejmé, že po rekonstrukci (varianta 2) ve všech kritériích klesla fáze provozu a to hlavně z důvodu výrazného snížení potřeby tepla na vytápění a zavedení jiného zdroje tepla. Hranice fáze provozu pro stávající stav není ve všech grafech zakreslena z důvodu nedostačující stupnice a vysokých hodnot těchto kritérií.

U fáze výstavby se ve většině případů výsledné hodnoty přepočítané na energeticky vztažnou plochu snížili, jelikož přibýlo další obytné podlaží a tím se tato plocha zvětšila. Když se podíváme do podrobných výsledků v příloze č.1, tak je patrné, že hodnoty po rekonstrukci jsou před vydělením energeticky vztažnou plochou větší než u stávajícího stavu, jelikož k původnímu stavu byly přidány nové konstrukce. Výjimkou je graf s kritériem AP (potenciál okyselování prostředí), kde hodnoty fáze výstavby jsou větší u varianty 2. Rozdíl mezi nulovou hodnotou a hodnotou stávajícího stavu je vždy větší než rozdíl mezi stávajícím stavem a variantou 2, z toho vyplývá, že rekonstrukce je z hlediska dopadu na životní prostředí šetrnější, než kdyby se objekt demoloval a došlo k nové výstavbě.



Graf 10 Kritéria dopadů na životní prostředí, fáze provozu a výstavby

10. ZÁVĚR

Rekonstrukce bytového domu byla navržena ve dvou variantách. Ve variantě 1 došlo k zateplení obálky budovy na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla, upravení dispozice a spojení některých stávajících bytů, vytvoření obytného podkroví, zabudování výtahu uvnitř objektu, nahrazení původních oken novými, změně zdroje tepla a rekonstrukci větracího systému bez rekuperace.

Varianta 2 obsahuje rozsáhlejší stavební zákroky do stávající konstrukce domu. Je navrženo zateplení objektu, rozšíření obytného podkroví o čtyři vikýře, výměna starých oken za nová izolační s trojsklem a změna jejich rozměrů, zabudování výtahu v objektu, prosvětlení schodiště prosklenou stěnou, instalování fotovoltaických panelů na střechu přilehlých kůlen, rekonstrukci větracího systému s rekuperačními vzduchotechnickými jednotkami osazenými v každém bytě a změna zdroje tepla na plynový kotel.

Pro stávající stav a obě varianty byl vypracován průkaz energetické náročnosti budovy a následně proveden tepelně - technický rozbor za účelem zjištění, zda některá z variant rekonstrukce dosáhne požadavků bytového domu s velmi nízkou energetickou náročností. Z výsledků jednotlivých variant vyšlo, že varianta 2 dosahuje hodnot bytového domu s velmi nízkou energetickou náročností. Průměrný součinitel prostupu tepla vyšel $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$. Potřeba tepla na vytápění je $22,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ a oproti stávajícímu stavu je nižší o 90%. Z vypracovaného průkazu varianty 2 je vidět, že objekt patří do kategorie B - velmi úsporný.

Dle environmentálního posouzení stávajícího stavu a varianty 2, je patrné, že rekonstrukce objektu nemá negativní vliv na životní prostředí, jako kdyby došlo k demolici domu a následné nové výstavbě objektu.

Rekonstrukce varianty 2 je součástí přiložené projektové dokumentace.

Práce splňuje požadavky uvedené v zadání práce.

11. POUŽITÉ NORMY, ZDROJE A SOFTWARE

- [1] *Úsporná opatření v bytových domech* [online]. [cit. 2018-4-30]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/informace/usporna-opatreni-v-bytovych-domech>
- [2] *Zásady výstavby nízkoenergetických domů* [online]. [cit. 2018-4-30]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/zasady-vystavby-nizkoenergetickych-domu>
- [3] *Neobnovitelná primární energie. TZB-info* [online]. [cit. 2018-4-30]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vytapani/16491-neobnovitelna-primarni-energie>
- [4] *Větrání panelových domů - opatření a jejich limity* [online]. [cit. 2018-4-30]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/6181-vetrani-panelovych-domu-opatreni-a-jejich-limity>
- [5] *Větrání bytových domů - základy teorie větrání* [online]. [cit. 2018-4-30]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/6507-vetrani-bytovych-domu-zaklady-teorie-vetrani#6>
- [6] *Energie slunce - výroba elektřiny* [online]. [cit. 2018-4-30]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-slunce---vyroba-elektriny>
- [7] *Fotovoltaické elektrárny* [online]. [cit. 2018-4-30]. Dostupné z: <http://www.sunwave.cz/reference>
- [8] *Solární soustavy pro přípravu teplé vody na panelových domech* [online]. [cit. 2018-4-30]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/6823-solarni-soustavy-pro-pripravu-teple-vody-na-panelovych-domech>
- [9] *Lze z panelového domu udělat šetrné a zároveň kvalitní bydlení?* [online]. [cit. 2018-4-30]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/architektura/70-lze-z-paneloveho-domu-setrne-a-zaroven-kvalitni-bydleni.html>
- [10] *Rekonstrukce panelového domu* [online]. [cit. 2018-4-30]. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/rekonstrukce-paneloveho-domu>

[11] *Vítězná stavba* [online]. [cit. 2018-4-30]. Dostupné z: <https://www.baumit.cz/fasada-roku/archiv/fasada-roku-2011/fasada-roku-2011-vysledky/bytovy-dum-rekonstrukce/>

[12] *Bytový dům rekonstrukce* [online]. [cit. 2018-4-30]. Dostupné z: <https://www.baumit.cz/fasada-roku/archiv/fasada-roku-2010/fasada-roku-2010-vysledky/bytovy-dum-rekonstrukce/>

[13] *Regenerace bytových domů* [online]. [cit. 2018-4-30]. Dostupné z: http://dk.spsopava.cz:8080/docs/pdf/pozemni_stavitelstvi/centrum_pasivniho_domu/literatura/CPD_Regenerace_bytovych_domu.pdf

[14] *Integrace solárních zařízení přímo do střechy či fasády domu* [online]. [cit. 2018-4-30]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/trend-integrace-solarnich-zarizeni-primo-do-strechy-ci-fasady-domu.aspx>

[15] *TNI 73 0330 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

Použité podklady:

Školní stránky předmětu Integrované navrhování budov, stránky věnované cvičení

www.atrea.cz

www.isover.cz

www.elektrodesign.cz

www.viessmann.cz

www.tzb-info.cz

Původní projektová dokumentace objektu z roku 1982, na místním stavebním úřadě

Použité normy a zákony:

ČSN 73 0540-1 Tepelná ochrana budov - Terminologie

ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov - Požadavky

ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov - Návrhové hodnoty veličin

ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budov - Výpočtové metody

TNI 73 3030 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy

TNI 73 0331 Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet

Zákon č. 61/2008 Sb., úplné znění zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, jak vyplývá z pozdějších změn

Vyhláška č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov

Použitý software:

Microsoft Office

Svoboda Software - Teplo 2014

AutoCAD 2016

Národní kalkulační nástroj NKN

Revit 2016

DIAL+

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1	Půdorys přízemí - stávající stav
Obr.2	Pohledy
Obr.3	Škála energetické náročnosti domů, převzato z [2]
Obr.4	Integrace panelů do krytiny, převzato z [14]
Obr.5	Panely kotvené na konstrukci střechy, převzato z [7]
Obr.6	Panely kotvené do stěn, budova ČVUT
Obr.7	Panely umístěné na ploché střeše, převzato z [6]
Obr.8	Roční profil teoretických dávek slunečního ozáření na různě skloněné plochy a celkové roční dopadlé energie pro různé umístění plochy kolektorů, převzato z [8]
Obr.9	Původní vzhled modelového domu, převzato z [9]
Obr.10	Avantgardní řešení modelového domu, převzato z [9]
Obr.11	Varianta s předsazenou fasádou, převzato z [9]
Obr.12	Individuální řešení, převzato z [9]
Obr.13	Panelový dům a) před rekonstrukcí b) a c) po rekonstrukci, převzato z [10]
Obr.14	Dům Praha 6, stav po rekonstrukci, převzato z [11]
Obr.15	Dům Uherské Hradiště, stav po rekonstrukci, převzato z [12]
Obr.16	Panelový dům Solanova a) před rekonstrukcí b) po rekonstrukci, převzato z [13]
Obr.17	Dům v Linzu a) před rekonstrukcí b) stav po rekonstrukci, převzato z [13]
Obr.18	Dům ve Frankfurtu nad Mohanem a) stav před rekonstrukcí b) stav po rekonstrukci, převzato z [13]
Obr.19	Schéma proslunění bytů dle diagramu zastínění
Obr.20	Výstupy z programu DIAL+ pro posouzení prosvětlení bytu
Obr.21	Zóny objektu

SEZNAM TABULEK

Tab.1	Skladby konstrukcí - stávající stav
Tab.2	Součinitele prostupu tepla konstrukcí - stávající stav
Tab.3	Výpočet U_{em} - stávající stav
Tab.4	Výpočet $U_{em,N}$ - stávající stav
Tab.5	Výpočet potřeby tepla na vytápění - stávající stav
Tab.6	Výpočet neobnovitelné primární energie - stávající stav
Tab.7	Skladby konstrukcí - Varianta 1
Tab.8	Součinitele prostupu tepla konstrukcí - Varianta 1
Tab.9	Výpočet U_{em} -Varianta 1
Tab.10	Výpočet $U_{em,N}$ -Varianta 1

Tab.11	Výpočet potřeby tepla na vytápění - Varianta 1
Tab.12	Výpočet neobnovitelné primární energie - Varianta 1
Tab.13	Skladby konstrukcí - Varianta 2
Tab.14	Součinitele prostupu tepla konstrukcí - Varianta 2
Tab.15	Výpočet U_{em} -Varianta 2
Tab.16	Výpočet $U_{em,N}$ -Varianta 2
Tab.17	Výpočet potřeby tepla na vytápění - Varianta 2
Tab.18	Výpočet neobnovitelné primární energie - Varianta 2
Tab.19	Parametry pro hodnocení bytových domů s velmi nízkou energetickou náročností, část1, převzato z [15]
Tab.20	Parametry pro hodnocení bytových domů s velmi nízkou energetickou náročností, část 2, převzato z [15]
Tab.21	Součinitelé prostupu tepla jednotlivých variant - vyhodnocení
Tab.22	Přívod čerstvého vzduchu do všech obytných místností – vyhodnocení
Tab.23	Účinnost zpětného získávání tepla – vyhodnocení

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1	Podíl konstrukcí na tepelných ztrátách objektu - stávající stav
Graf 2	Podíl konstrukcí na tepelných ztrátách objektu - Varianta 1
Graf 3	Podíl konstrukcí na tepelných ztrátách objektu - Varianta 2
Graf 4	Průměrný součinitel prostupu tepla jednotlivých variant - vyhodnocení
Graf 5	Potřeba tepla na vytápění jednotlivých variant - vyhodnocení
Graf 6	Potřeba neobnovitelné primární energie jednotlivých variant - vyhodnocení
Graf 7	Třídy energetické náročnosti jednotlivých variant
Graf 8	Kategorie dopadu - stávající stav
Graf 9	Kategorie dopadu - varianta 2
Graf 10	Kritéria dopadů na životní prostředí, fáze provozu a výstavby

PŘÍLOHY

Příloha 1 - Environmentální hodnocení - a) stávající stav, b) varianta 2

PŘÍLOHA 1 - a) environmentální hodnocení - stávající stav

Konstrukce	m ³	m ²	kg/m ³	kg/m ²	kg	životnost (roky)	PEI (MJ/kg)	PEI (MJ/rok)	GWP (kg CO ₂ ekv./kg)	GWP (kg CO ₂ ekv./rok)	AP (g SO ₂ ekv./kg)	AP (g SO ₂ ekv./rok)	EP (g (PO ₄) ³⁻ ekv./kg)	EP (g (PO ₄) ³⁻ ekv./rok)	ODP (g R-11 ekv./kg)	ODP (g R-11 ekv./rok)	POCP (g C ₂ H ₄ ekv./kg)	POCP (g C ₂ H ₄ ekv./rok)
Základové konstrukce																		
Pískovcové bloky	141,5		2190		309885	50	0,027818	172,408	0,0019304	11,96404008	0,033699	208,8563	0,008	49,5816	2,2756E-07	0,001410349	0,00053032	3,286764
Podkladní beton	33,1		2500		82750	50	0,574926	951,503	0,109891	181,869605	0,184899	306,007845	0,046	76,13	3,7056E-06	0,006132685	0,00677773	11,217143
Hydroizolace		431		5	2155	50	51,4714	2218,417	1,4035	60,49085	8,7483	377,05173	2,973	128,1363	0,00036281	0,015637111	0,5684	24,498040
					394790			3342,327		254,3244951		891,9159		253,8479		0,023180145		39,001947
Svislé konstrukce																		
Cihly plné pálené	512,1		1800		921780	50	2,5737	47447,704	0,23862	4399,103	0,5456	10058,46336	0,172	3170,9232	0,000017802	0,328190551	0,039715	732,1699
Křemelinové zdivo	55,5		600		33300	50	15,4046	10259,464	1,0043	668,864	2,9792	1984,1472	0,652	434,232	0,0002052	0,1366632	0,14016	93,3466
Malta			2100		21000	50	1,32501	556,504	0,19067	80,081	0,32687	137,2854	0,082	34,44	8,21E-06	0,003448914	0,012976	5,4499
Omítky vnitřní	11,5		1800		20700	50	1,45966	604,299	0,21317	88,252	0,35407	146,58498	0,087	36,018	0,000009665	0,00400131	0,016414	6,7954
Omítky vnější	13,4		2000		26800	50	1,45966	782,378	0,21317	114,259	0,35407	189,78152	0,087	46,632	0,000009665	0,00518044	0,016414	8,7979
					1023580			59650,349		5350,560		12516,26246		3722,2452		0,477484415		846,5596
Vodorovné nosné konstrukce																		
Dřevěné trámy	23,9		400		9560	50	3,35264	641,025	0,187358	35,823	1,16793	223,308216	0,493	94,2616	1,73385E-05	0,003315121	0,096565	18,4632
Výztuž schodiště					1550	50	22,5279	698,365	1,482	45,942	5,0948	157,9388	3,133	97,123	0,00006	0,00186	0,81161	25,1599
Beton schodiště	4,3		2500		10750	50	0,574926	123,609	0,109891	23,627	0,184899	39,753285	0,046	9,89	3,7056E-06	0,000796693	0,00677773	1,4572
Ocelový nosník					250	50	22,8535	114,268	1,6584	8,292	5,6608	28,304	3,506	17,53	0,000034482	0,00017241	1,0757	5,3785
					22110			1577,266		113,683		449,304301		218,8046		0,006144224		50,4588
Tepelné izolace																		
Izolace 50 mm	35		30		1050	30	105,073	3677,555	4,2121	147,424	14,9	521,5	2,549	89,215	0,00013195	0,00461825	6,7545	236,4075
					1050			3677,555		147,424		521,5		89,215		0,00461825		236,4075
Příčky																		
Příčky křemelinové tl. 100 mm	25,1		600		15060	50	15,4046	4639,866	1,0043	302,495	2,9792	897,33504	0,652	196,3824	0,0002052	0,06180624	0,14016	42,2162
Příčky cihly plné pálené t. 250 mm	7,1		1800		12780	50	2,5737	657,838	0,23862	60,991	0,5456	139,45536	0,172	43,9632	0,000017802	0,004550191	0,039715	10,1512
Příčky cihly plné pálené t. 300 mm	68,5		1800		123300	50	2,5737	6346,744	0,23862	588,437	0,5456	1345,4496	0,172	424,152	0,000017802	0,043899732	0,039715	97,9372
Malta			2100		21100	50	1,32501	559,154	0,19067	80,463	0,32687	137,93914	0,082	34,604	8,21E-06	0,003465337	0,012976	5,4759
Omítka	26,5		1800		47700	50	1,45966	1392,516	0,21317	203,364	0,35407	337,78278	0,087	82,998	0,000009665	0,00922041	0,016414	15,6590
Keramický obklad	2,4	240	2200		5280	50	14,1064	1489,636	0,78173	82,551	2,7697	292,48032	1,161	122,6016	0,000091639	0,009677078	0,13268	14,0110
					225220			15085,753		1318,301		3150,44224		904,7012		0,132618989		185,4504
Střešní plášť																		
Hliníkový plech		450	2700		1215	50	160,061	3889,482	12,043	292,645	56,285	1367,7255	19,733	479,5119	0,00074381	0,018074583	4,7535	115,5101
Dřevěný krov	8,5		400		3400	50	3,35264	227,980	0,187358	12,740	1,16793	79,41924	0,493	33,524	1,73385E-05	0,001179018	0,096565	6,5664
Dřevěné pobití	11,8		400		4720	50	3,35264	316,489	0,187358	17,687	1,16793	110,252592	0,493	46,5392	1,73385E-05	0,001636754	0,096565	9,1157
					9335			4433,951		323,072		1557,397332		559,5751		0,020890355		131,1922
Konstrukce podlahy																		
Keramická dlažba	1,7	170	2200		3740	50	14,1064	1055,159	0,78173	58,473	2,7697	207,17356	1,161	86,8428	0,000091639	0,006854597	0,13268	9,9245
PVC	1,71	580	1400		2394	50	60,006	2873,087	2,0083	96,157	5,3621	256,737348	0,844	40,41072	3,4371E-06	0,000164568	0,31491	15,0779
Perlitbeton	72		500		36000	50	15,4046	11091,312	1,0043	723,096	2,9792	2145,024	0,652	469,44	0,0002052	0,147744	0,14016	100,9152
Malta			2100		350	50	1,32501	9,275	0,19067	1,335	0,32687	2,28809	0,082	0,574	8,21E-06	5,74819E-05	0,012976	0,0908
					42484			15028,833		879,061		2611,222998		597,26752		0,154820647		126,0084
Výplně vnějších otvorů																		
Dřevěná okna rám			8,8	50	440	50	28,9124	254,429	1,63466	14,385	8,5015	74,8132	3,969	34,9272	0,000131521	0,001157385	0,517781	4,5565
Dřevěná okna zasklení			11,1	50	555	50	12,402	137,662	0,97976	10,875	8,4921	94,26231	1,067	11,8437	0,000088116	0,000978088	0,2855	3,1691
Vchodové dveře dřevěné			1	50	50	50	28,9124	28,912	1,63466	1,635	8,5015	8,5015	3,969	3,969	0,000131521	0,000131521	0,517781	0,5178
					1045			421,004		26,895		177,57701		50,7399		0,002266993		8,2433
Celkem																		
					1719614			103217,0382		8413,32028288		21875,6222083		6396,39642		0,822024020		1623,32220

	PEI (MJ/rok)	GWP (kg CO ₂ ekv./rok)	AP (g SO ₂ ekv./rok)	EP (g (PO ₄) ³⁻ ekv./rok)	ODP (g R-11 ekv./rok)	POCP (g C ₂ H ₄ ekv./rok)	
Základové konstrukce	100	100	100	100	100	100	%
Svislé konstrukce	259	1784,7	1403,3	1466,3	2059,9	2170,6	
Vodorovné nosné konstrukce	47,2	44,7	50,4	86	26,5	129,4	
Tepelná izolace	110	58	58,5	35,1	19,9	606,1	
Příčky	451,4	518,4	353,2	356	572,1	475,5	
Střešní plášť	132,7	127,0	174,6	220,4	90,1	336,4	
Konstrukce podlahy	449,7	345,6	292,8	235,3	667,9	323,1	
Výplně vnějších otvorů	12,6	10,6	19,9	20	9,8	21,1	

Energie	Energonositel	Dodaná enrgie		Faktor energetické přeměny											
		kWh/rok	MJ/rok		PEI MJ/rok	Emisní faktor GWP kg/MJ	GWP kg/rok	Emisní faktor AP g/MJ	AP g/rok	Emisní faktor EP g/MJ	EP g/rok	Emisní faktor ODP g/MJ	ODP g/rok	Emisní faktor POCP	POCP g/rok
Vytápění	Elektřina	206156	742161,6	3	2226484,8	0,211	156596,1	0,5961	442402,5	1,08086	802172,8	4,94E-06	3,67E+00	0,020738	15391
Příprava teplé vody	Elektřina	20186	72669,6	3	218008,8	0,211	15333,29	0,5961	43318,35	1,08086	78545,66	4,94E-06	3,59E-01	0,020738	1507
Umělé osvětlení	Elektřina	3001	10803,6	3	32410,8	0,211	2279,56	0,5961	6440,026	1,08086	11677,18	4,94E-06	5,34E-02	0,020738	224,05
Celkem					2476904,4		174208,9		492160,9		892395,6		4,08E+00		17122

Kategorie dopadu	M.J.	Výstavba	Provoz	Celkem
		v	p	
PEI	MJ/(m ² *rok)	122,22266	2932,9833	3055,2060
GWP	kg/(m ² *rok)	9,9624870	206,28649	216,24898
AP	g/(m ² *rok)	25,903638	582,78378	608,68742
EP	g/(m ² *rok)	7,57418	1056,7148	1064,2890
ODP	g/(m ² *rok)	0,0009734	4,83E-03	0,005803
POCP	g/(m ² *rok)	1,92223	20,274736	22,196965

b) environmentalní hodnocení - varianta 2

Konstrukce	m ³	m ²	kg/m ³	kg/m ²	kg	životnost (roky)	PEI (MJ/kg)	PEI (MJ/rok)	GWP (kg CO ₂ ekv./kg)	GWP (kg CO ₂ ekv./rok)	AP (g SO ₂ ekv./kg)	AP (g SO ₂ ekv./rok)	EP (g (PO ₄) ³⁻ ekv./kg)	EP (g (PO ₄) ³⁻ ekv./rok)	ODP (g R-11 ekv./kg)	ODP (g R-11 ekv./rok)	POCP (g C ₂ H ₄ ekv./kg)	POCP (g C ₂ H ₄ ekv./rok)
Základové konstrukce																		
Pískovcové bloky	141,5		2190		309885	50	0,027818	172,408	0,0019304	11,96404008	0,033699	208,8563	0,008	49,5816	2,2756E-07	0,001410349	0,00053032	3,286764
Podkladní beton	33,1		2500		82750	50	0,574926	951,503	0,109891	181,869605	0,184899	306,007845	0,046	76,13	3,7056E-06	0,006132685	0,00677773	11,217143
Hydroizolace		431		5	2155	50	51,4714	2218,417	1,4035	60,49085	8,7483	377,05173	2,973	128,1363	0,00036281	0,015637111	0,5684	24,498040
					394790			3342,327		254,3244951		891,9159		253,8479		0,023180145		39,001947
Svislé konstrukce																		
Cihly plné pálené	512,1		1800		921780	50	2,5737	47447,704	0,23862	4399,103	0,5456	10058,46336	0,172	3170,9232	0,000017802	0,328190551	0,039715	732,1699
Křemelinové zdivo	55,5		600		33300	50	15,4046	10259,464	1,0043	668,864	2,9792	1984,1472	0,652	434,232	0,0002052	0,1366632	0,14016	93,3466
Malta			2100		21000	50	1,32501	556,504	0,19067	80,081	0,32687	137,2854	0,082	34,44	8,21E-06	0,003448914	0,012976	5,4499
Omítky vnitřní	11,1		1800		19980	50	1,45966	583,280	0,21317	85,183	0,35407	141,486372	0,087	34,7652	0,000009665	0,003862134	0,016414	6,5590
Omítky vnější	9,6		2000		19200	50	1,45966	560,509	0,21317	81,857	0,35407	135,96288	0,087	33,408	0,000009665	0,00371136	0,016414	6,3030
Lepidlo	5,1		2000		10200	50	1,32501	270,302	0,19067	38,897	0,32687	66,68148	0,082	16,728	8,2117E-06	0,001675187	0,012976	2,6471
Omítka vnitřní	0,7		1800		1260	50	1,45966	36,783	0,21317	5,372	0,35407	8,922564	0,087	2,1924	0,000009665	0,000243558	0,016414	0,4136
Omítka vnější			2000		18900	50	1,45966	551,751	0,21317	80,578	0,35407	133,83846	0,087	32,886	0,000009665	0,00365337	0,016414	6,2045
					1045620			60266,298		5439,935		12666,78772		3759,5748		0,481448274		853,0936
Vodorovné nosné konstrukce																		
Dřevěné trámy	23,9		400		9560	50	3,35264	641,025	0,187358	35,823	1,16793	223,308216	0,493	94,2616	1,73385E-05	0,003315121	0,096565	18,4632
Výztuž schodiště					1550	50	22,5279	698,365	1,482	45,942	5,0948	157,9388	3,133	97,123	0,00006	0,00186	0,81161	25,1599
Beton schodiště	4,3		2500		10750	50	0,574926	123,609	0,109891	23,627	0,184899	39,753285	0,046	9,89	3,7056E-06	0,000796693	0,00677773	1,4572
Ocelové nosníky					250	50	22,8535	114,268	1,6584	8,292	5,6608	28,304	3,506	17,53	0,000034482	0,00017241	1,0757	5,3785
Ocelové nosníky					6200	50	22,8535	2833,834	1,6584	205,642	5,6608	701,9392	3,506	434,744	0,000034482	0,004275768	1,0757	133,3868
Trapézový plech		330		14,5	4785	50	29,0668	2781,693	2,0924	200,243	8,2738	791,80266	4,772	456,6804	0,000057766	0,005528206	1,1843	113,3375
Beton	21,3		2500		53250	50	0,574926	612,296	0,109891	117,034	0,184899	196,917435	0,046	48,99	3,7056E-06	0,003946411	0,00677773	7,2183
					21860			4411,100		319,325		1151,243501		653,5486		0,010419992		183,8456
Tepelné izolace																		
Izolace 50 mm	35		30		1050	30	105,073	3677,555	4,2121	147,424	14,9	521,5	2,549	89,215	0,00013195	0,00461825	6,7545	236,4075
Isover EPS GreyWall	123,2		30		3696	30	105,073	12944,994	4,2121	518,931	14,9	1835,68	2,549	314,0368	0,00013195	0,01625624	6,7545	832,1544
Isover TF Profi stěna	98,5		32		3152	30	20,1923	2121,538	1,1331	119,051	8,3583	878,17872	1,83	192,272	0,000055368	0,005817331	0,44541	46,7977
Isover TF Profi střecha	126,4		32		4044,8	30	20,1923	2722,461	1,1331	152,772	8,3583	1126,921728	1,83	246,7328	0,000055368	0,007465083	0,44541	60,0531
Styrodur 3000 CS	19,7		30		591	30	96,5145		3,8205	75,264	13,392	263,8224	3,012	59,3364	0,00008839	0,001741283	1,5365	30,2691
					12533,8			21466,547		1013,441		4626,102848		901,593		0,035898187		1205,6818
Příčky																		
Příčky křemelinové tl. 100 mm	25,1		600		15060	50	15,4046	4639,866	1,0043	302,495	2,9792	897,33504	0,652	196,3824	0,0002052	0,06180624	0,14016	42,2162
Příčky cihly plné pálené t. 250 mm	7,1		1800		12780	50	2,5737	657,838	0,23862	60,991	0,5456	139,45536	0,172	43,9632	0,000017802	0,004550191	0,039715	10,1512
Příčky cihly plné pálené t. 300 mm	68,5		1800		123300	50	2,5737	6346,744	0,23862	588,437	0,5456	1345,4496	0,172	424,152	0,000017802	0,043899732	0,039715	97,9372
Malta			2100		21100	50	1,32501	559,154	0,19067	80,463	0,32687	137,93914	0,082	34,604	8,21E-06	0,003465337	0,012976	5,4759
Omítka	26,5		1800		47700	50	1,45966	1392,516	0,21317	203,364	0,35407	337,78278	0,087	82,998	0,000009665	0,00922041	0,016414	15,6590
Keramický obklad	2,4	240	2200		5280	50	14,1064	1489,636	0,78173	82,551	2,7697	292,48032	1,161	122,6016	0,000091639	0,009677078	0,13268	14,0110
Příčky tl. 200 mm		140	800	250	35000	50	2,5737	1801,590	0,23862	167,034	0,5456	381,92	0,172	120,4	0,000017802	0,0124614	0,039715	27,8005
Příčky tl. 100 mm		180	800	120	21600	50	2,5737	1111,838	0,23862	103,084	0,5456	235,6992	0,172	74,304	0,000017802	0,007690464	0,039715	17,1569
Omítka vnitřní			1800		900	50	1,45966	26,274	0,21317	3,837	0,35407	6,37326	0,087	1,566	0,000009665	0,00017397	0,016414	0,2955
Malta			2100		1100	50	1,32501	29,150	0,19067	4,195	0,32687	7,19114	0,082	1,804	8,21E-06	0,000180657	0,012976	0,2855
SDK příčky		165		10,5	1732,5	50	5,74453	199,048	0,35429	12,276	1,0976	38,03184	0,498	17,2557	0,00004061	0,001407137	0,046724	1,6190
Keramický obklad	1,1		2200		2420	50	14,1064	682,750	0,78173	37,836	2,7697	134,05348	1,161	56,1924	0,000091639	0,004435328	0,13268	6,4217
					287972,5			18936,403		1646,562		3953,71116		1176,2233		0,158967945		239,0294
Střešní plášť																		
Hliníkový plech		450	2700		1215	50	160,061	3889,482	12,043	292,645	56,285	1367,7255	19,733	479,5119	0,00074381	0,018074583	4,7535	115,5101
Dřevěný krov	8,5		400		3400	50	3,35264	227,980	0,187358	12,740	1,16793	79,41924	0,493	33,524	1,73385E-05	0,001179018	0,096565	6,5664
Dřevěné pobití	11,8		400		4720	50	3,35264	316,489	0,187358	17,687	1,16793	110,252592	0,493	46,5392	1,73385E-05	0,001636754	0,096565	9,1157
Dřevěný krov	2		400		800	50	3,35264	53,642	0,187358	2,998	1,16793	18,68688	0,493	7,888	1,73385E-05	0,000277416	0,096565	1,5450
Dřevěné pobití	2,6		400		1040	50	3,35264	69,735	0,187358	3,897	1,16793	24,292944	0,493	10,2544	1,73385E-05	0,000360641	0,096565	2,0086
Hliníkový plech		35	2700		95	50	160,061	304,116	12,043	22,882	56,285	106,9415	19,733	37,4927	0,00074381	0,001413239	4,7535	9,0317
					11270			4861,444		352,848		1707,318656		615,2102		0,022941651		143,7774

Konstrukce podlahy																		
Keramická dlažba	1,7	170	2200		3740	50	14,1064	1055,159	0,78173	58,473	2,7697	207,17356	1,161	86,8428	0,000091639	0,006854597	0,13268	9,9245
PVC	1,71	580	1400		2394	50	60,006	2873,087	2,0083	96,157	5,3621	256,737348	0,844	40,41072	3,4371E-06	0,000164568	0,31491	15,0779
Perlitbeton	72		500		36000	50	15,4046	11091,312	1,0043	723,096	2,9792	2145,024	0,652	469,44	0,0002052	0,147744	0,14016	100,9152
Malta			2100		350	50	1,32501	9,275	0,19067	1,335	0,32687	2,28809	0,082	0,574	8,21E-06	5,74819E-05	0,012976	0,0908
Laminátová plovoucí podlaha		440		10	4400	50	7,9543	699,978	0,417879	36,773	2,35717	207,43096	1,073	94,424	3,84E-05	0,003380089	0,171402	15,0834
Keramická dlažba	0,6	56	2200		1320	50	14,1064	372,409	0,78173	20,638	2,7697	73,12008	1,161	30,6504	0,000091639	0,00241927	0,13268	3,5028
Lepidlo	0,5		2000		1000	50	1,32501	26,500	0,19067	3,813	0,32687	6,5374	0,082	1,64	8,2117E-06	0,000164234	0,012976	0,2595
Sádrovláknité desky	4,4	440	1100		4840	50	4,72661	457,536	0,29296	28,359	0,90989	88,077352	0,413	39,9784	0,000035304	0,003417427	0,038717	3,7478
					54044			16585,256		968,644		2986,38879		763,96032		0,164201667		148,6018
Výplně vnějších otvorů																		
Dřevěná okna rám			8,8	50	440	25	28,9124	508,858	1,63466	28,770	8,5015	149,6264	3,969	69,8544	0,000131521	0,00231477	0,517781	9,1129
Dřevěná okna zasklení			11,1	50	555	25	12,402	275,324	0,97976	21,751	8,4921	188,52462	1,067	23,6874	0,000088116	0,001956175	0,2855	6,3381
Vchodové dveře dřevěné			1	50	50	25	28,9124	57,825	1,63466	3,269	8,5015	17,003	3,969	7,938	0,000131521	0,000263042	0,517781	1,0356
Plastová okna rám				50	3450	25	59,5218	8214,008	2,60487	359,472	13,6963	1890,0894	4,637	639,906	0,000110635	0,01526763	0,693873	95,7545
Plastová okna zasklení				50	6980	25	22,3839	6249,585	1,5545	434,016	11,132	3108,0544	2,428	677,8976	0,000134495	0,037551004	0,426635	119,1165
Prosklená stěna schodiště rám				50	1000	25	59,5218	2380,872	2,60487	104,195	13,6963	547,852	4,637	185,48	0,000110635	0,0044254	0,693873	27,7549
Prosklená stěna schodiště zasklení				50	300	25	22,3839	268,607	1,5545	18,654	11,132	133,584	2,428	29,136	0,000134495	0,00161394	0,426635	5,1196
					12775			17955,080		970,127		6034,73382		1633,8994		0,063391961		264,2321
Celkem					1840865			147824,4560		10965,20813578		34018,2023583		9757,85752		0,960449822		3077,26379

	PEI (MJ/rok)	GWP (kg CO ₂ ekv./rok)	AP (g SO ₂ ekv./rok)	EP (g (PO ₄) ³⁻ ekv./rok)	ODP (g R-11 ekv./rok)	POCP (g C ₂ H ₄ ekv./rok)	
Základové konstrukce	100	100	100	100	100	100	%
Svislé konstrukce	265	1803,1	1420,2	1481,0	2077,0	2187,3	
Vodorovné nosné konstrukce	132,0	125,6	129,1	257	45,0	471,4	
Tepelná izolace	642	398	518,7	355,2	154,9	3091,3	
Příčky	566,6	647,4	443,3	463	685,8	612,9	
Střešní plášť	145,5	138,7	191,4	242,4	99,0	368,6	
Konstrukce podlahy	496,2	380,9	334,8	301,0	708,4	381,0	
Výplně vnějších otvorů	537,2	381,5	676,6	644	273,5	677,5	

Energie	Energonositel	Dodaná energie		Faktor energetické přeměny	PEI MJ/rok	Emisní faktor GWP kg/MJ	GWP kg/rok	Emisní faktor AP g/MJ	AP g/rok	Emisní faktor EP g/MJ	EP g/rok	Emisní faktor ODP g/MJ	ODP g/rok	Emisní faktor POCP	POCP g/rok
		kWh/rok	MJ/rok												
Vytápění	Zemní plyn	25380	91368	1,2	109641,6	0,0716	6541,949	0,0569	5198,839	0,011059	1010,439	7,46E-07	6,82E-02	0,006302	575,8
Příprava teplé vody	Elektřina	26963	97066,8	3	291200,4	0,211	20481,09	0,5961	57861,52	1,08086	104915,6	4,94E-06	4,80E-01	0,020738	2013
Větrání	Elektřina	1949	7016,4	3	21049,2	0,211	1480,46	0,5961	4182,476	1,08086	7583,746	4,94E-06	3,47E-02	0,020738	145,51
Příprava teplé vody	fve	4830	17388	0,2	3477,6	0,0238	413,8344	0,1143	1987,448	0,0718	1248,458	4,69E-06	8,15E-02	0,007034	122,31
Umělé osvětlení	Elektřina	2237	8053,2	3	24159,6	0,211	1699,225	0,5961	4800,513	1,08086	8704,382	4,94E-06	3,98E-02	0,020738	167,01
Celkem					449528,4		30616,56		74030,8		123462,6		7,04E-01		3023,6

Kategorie dopadu	M.J.	Výstavba	Provoz	Celkem v+p
		v	p	
PEI	MJ/(m ² *rok)	113,763626	345,95075	459,714373
GWP	kg/(m ² *rok)	8,4386703	23,562078	32,000748
AP	g/(m ² *rok)	26,1799310	56,973061	83,152992
EP	g/(m ² *rok)	7,50951	95,01512	102,524630
ODP	g/(m ² *rok)	0,00073915	5,42E-04	0,001281
POCP	g/(m ² *rok)	2,36822	2,3269147	4,695134